

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

**Quantitative Analyse von F₀-Intervallstrukturen in
Lautäußerungen von Neugeborenen mit tonaler
Sprachumgebung –
Ein Beitrag zur Identifikation potenzieller Risikomarker
für Sprachentwicklungsstörungen**

Inaugural-Dissertation

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

vorgelegt von
Daniela Dobnig
aus Heilbronn

Würzburg, Juni 2016

Referentin: Professorin Dr. rer. nat. Kathleen Wermke
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. Johannes Wirbelauer
Dekan: Professor Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung:

31. März 2017

Die Promovendin ist Zahnärztin

“It is astonishing how much enjoyment one can get out of a language that one understands imperfectly.”

– Basil Gildersleeve

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Musikalische Eigenschaften in den Melodien der Vokalisationen Neugeborener.....	1
1.2 Tonale Sprachen	5
2 Material und Methoden	11
2.1 Fachliche Einbettung der Studie	11
2.2 Probandenkollektiv	12
2.3 Datengrundanalyse.....	18
2.4 Datenauswertung.....	22
2.4.1 Dateneingabe und Signalsegmentierung	24
2.4.2 Spektralanalyse.....	24
2.4.3 Ermittlung des Grundfrequenzverlaufs	28
2.5 Spezifische Datenanalyse - Intervallanalyse	30
2.5.1 Definition des Begriffs „Intervall“	31
2.5.2 Messkriterien und Intervallvermessung	34
2.5.3 Vermessung der Melodietypen II, IIIa und IIIb	35
2.5.4 Berechnung der Tonhöhenverhältnisse.....	38
2.6 Reliabilität der Messgenauigkeit	41
2.6.1 Blindvergleich zwischen zwei Testern	41
2.6.2 Eigenkontrolle.....	42
2.7 Statistische Auswertung	44
3 Ergebnisse	47
3.1 Untersuchung von Häufigkeitsverteilungen	47
3.1.1 Verteilung der Intervall- und der Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb- Strukturen im gesamten Lautrepertoire	54
3.1.2 Verteilung der Intervall- und Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb- Strukturen differenziert nach dem Geschlecht.....	57
3.1.3 Verteilung der Intervallrichtung im gesamten Lautrepertoire und differenziert nach dem Geschlecht	63
3.2 Untersuchung zeitlicher Intervalleigenschaften	65
3.2.1 Zeitliche Messgrößen bezogen auf alle identifizierten Intervallstrukturen.....	66

3.2.2	Zeitliche Messgrößen im Vergleich steigender und fallender Intervalle.....	71
3.3	Untersuchung der Grundfrequenz F_0	87
3.3.1	Geometrische F_0 -Mittelwerte bezogen auf alle identifizierten Intervallstrukturen.....	87
3.3.2	Geometrische F_0 -Mittelwerte im Vergleich steigender und fallender Intervalle	90
3.3.3	F_0 -Variabilität bezogen auf alle identifizierten Intervallstrukturen.....	94
3.3.4	F_0 -Variabilität der Intervallstrukturen im Vergleich steigender und fallender Intervalle	97
3.3.5	Tonhöhenverhältnisse in allen identifizierten Intervallstrukturen .	103
3.3.6	Tonhöhenverhältnisse in den Intervallstrukturen im Vergleich steigender und fallender Intervalle	105
4	Diskussion und Interpretation der Ergebnisse	109
4.1	Auftrittshäufigkeiten der untersuchten Intervall- und Melodietypstrukturen	110
4.2	Analyse zeitlicher Messgrößen.....	113
4.3	Analyse der Grundfrequenz F_0	115
5	Zusammenfassung	119
6	Anhang	121
6.1	Charakterisierung typisch identifizierter Intervallkonstellationen.....	121
	Einfach-steigendes Intervall	121
	Einfach-fallendes Intervall	122
	Kombination aus einfach-steigendem und einfach-fallendem Intervall - Hutform.....	123
	Kombination aus einfach-fallendem und einfach-steigendem Intervall - umgekehrte Hutform.....	124
	Mehrfach-steigende Intervalle	125
	Mehrfach-fallende Intervalle	126
	Kombination aus mehrfach-steigenden Intervallen und einem einfach-fallenden Intervall	127
	Kombination aus einem einfach-steigenden Intervall und mehrfach-fallenden Intervallen	128
	Mehrfach-Kombination aus steigenden und fallenden Intervallen	129
7	Literaturverzeichnis.....	131
	Danksagung	
	Lebenslauf.....	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Bearbeitungsschritte zur Auswertung der Neugeborenenlaute (nach Wermke (2002) angepasst; mit Genehmigung der Autorin)	23
Abbildung 2:	Schmalband-Frequenzspektrogramm eines mitigierten Säuglingsschreies (Kay-CSL©)	25
Abbildung 3:	Spektrogramm eines Säuglingsschreies mit phonatorischer Rauschbande im zentralen Teil (Kay- CSL©)	26
Abbildung 4:	Spektrogramm eines Säuglingsschreies mit plötzlichem Frequenzsprung (Kay-CSL©)	27
Abbildung 5:	Melodie-Intensitätsdiagramm eines Säuglingsschreies (CDAP©)	29
Abbildung 6:	Beispiel einer Intervallstruktur (CDAP©)	31
Abbildung 7:	Beispiel einer zusammenhängenden Intervall-2-Struktur (CDAP©)	32
Abbildung 8:	Beispiel einer aufgeteilten Intervall-2-Struktur (CDAP©)	33
Abbildung 9:	Plateaueinzeichnung bei spitzen Bögen (CDAP©)	34
Abbildung 10:	Melodietyp II (CDAP©)	36
Abbildung 11:	Melodietyp IIIa (CDAP©)	37
Abbildung 12:	Melodietyp IIIb (CDAP©)	37
Abbildung 13:	Vergleich der Intervalllängenunterschiede - Blindvergleich	42
Abbildung 14:	Vergleich der Intervalllängenunterschiede - Eigenkontrolle	43
Abbildung 15:	Balkendiagramm der absoluten Anteile mit denen die aufgeführten Strukturen über die Kinder im Mittel identifiziert wurden [N]	57
Abbildung 16:	Boxplots der Intervallstrukturen der männlichen und weiblichen Probanden [N]	62
Abbildung 17:	Boxplots der Melodietypstrukturen der männlichen und weiblichen Probanden [N]	63
Abbildung 18:	Balkendiagramm der fallenden und steigenden Intervalle für die männlichen und weiblichen Probanden [N]	65
Abbildung 19:	Balkendiagramm der durchschnittlichen Intervalllängen und der durchschnittlichen Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau aller identifizierten Intervalle [s]	68
Abbildung 20:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Intervalllänge [log s]	69

Abbildung 21:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des vorderen Plateaus [log s].....	70
Abbildung 22:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des Übergangs [log s]	70
Abbildung 23:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des hinteren Plateaus [log s].....	71
Abbildung 24:	Balkendiagramm der durchschnittlichen Intervalllängen und der durchschnittlichen Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden und steigenden Intervalle [s]	75
Abbildung 25:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Intervalllänge der steigenden Intervalle [log s].....	76
Abbildung 26:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Intervalllänge der fallenden Intervalle [log s].....	76
Abbildung 27:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des vorderen Plateaus der steigenden Intervalle [log s]	77
Abbildung 28:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des vorderen Plateaus der fallenden Intervalle [log s]	77
Abbildung 29:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des Übergangs der steigenden Intervalle [log s]	78
Abbildung 30:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des Übergangs der fallenden Intervalle [log s]	78
Abbildung 31:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des hinteren Plateaus der steigenden Intervalle [log s]	79
Abbildung 32:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des hinteren Plateaus der fallenden Intervalle [log s]	79
Abbildung 33:	Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Längen des vorderen Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [s].....	81
Abbildung 34:	Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Standardabweichung der Längen des vorderen Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [s]	82
Abbildung 35:	Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Längen des Übergangs der steigenden und fallenden Intervalle [log s]	83
Abbildung 36:	Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Standardabweichungen der Länge des Übergangs der steigenden und fallenden Intervalle [s].....	84

Abbildung 37:	Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Längen des hinteren Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [log s].....	85
Abbildung 38:	Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Standardabweichungen der Längen des hinteren Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [s].....	86
Abbildung 39:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte des vorderen Plateaus [log Hz].....	89
Abbildung 40:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte des hinteren Plateaus [log Hz].....	89
Abbildung 41:	Boxplot der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau der steigenden und fallenden Intervalle [Hz].....	91
Abbildung 42:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom vorderen Plateau der steigenden Intervalle [log Hz].....	92
Abbildung 43:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom vorderen Plateau der fallenden Intervalle [log Hz].....	92
Abbildung 44:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom hinteren Plateau der steigenden Intervalle [log Hz].....	93
Abbildung 45:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom hinteren Plateau der fallenden Intervalle [log Hz].....	93
Abbildung 46:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität des vorderen Plateaus [log Hz].....	95
Abbildung 47:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität des Übergangs [log Hz].....	96
Abbildung 48:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität des hinteren Plateaus [log Hz].....	96
Abbildung 49:	Boxplot der F_0 -Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden und steigenden Intervalle [Hz].....	99
Abbildung 50:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom vorderen Plateau der steigenden Intervalle [log Hz].....	100
Abbildung 51:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom vorderen Plateau der fallenden Intervalle [log Hz].....	100

Abbildung 52:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom Übergang der steigenden Intervalle [log Hz].....	101
Abbildung 53:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom Übergang der fallenden Intervalle [log Hz].....	101
Abbildung 54:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom hinteren Plateau der steigenden Intervalle [log Hz]	102
Abbildung 55:	Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom hinteren Plateau der fallenden Intervalle [log Hz].....	102
Abbildung 56:	Balkendiagramm der Intervall-Tonhöhenverhältnisse [N] ...	105
Abbildung 57:	Balkendiagramm der Intervall-Tonhöhenverhältnisse der steigenden und fallenden Intervalle [%]	107
Abbildung 58:	Boxplot: Verteilung der Frequenzverhältnisse der steigenden und fallenden Intervalle	108
Abbildung 59:	Einfach-steigendes Intervall (CDAP©)	121
Abbildung 60:	Einfach-fallendes Intervall (CDAP©).....	122
Abbildung 61:	Kombination aus einfach-steigendem und einfach-fallendem Intervall (CDAP©).....	123
Abbildung 62:	Kombination aus einfach-fallendem und einfach-steigendem Intervall (CDAP©)	124
Abbildung 63:	Mehrfach-steigende Intervalle (CDAP©).....	125
Abbildung 64:	Mehrfach-fallende Intervalle (CDAP©).....	126
Abbildung 65:	Kombination aus mehrfach-steigenden Intervallen und einem einfach-fallenden Intervall (CDAP©)	127
Abbildung 66:	Kombination aus einem einfach-steigenden Intervall und mehrfach-fallenden Intervallen (CDAP©).....	128
Abbildung 67:	Kombination aus steigenden und fallenden Intervallen (CDAP©).....	129

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Auswahlkriterien der Probanden	13
Tabelle 2:	Übersicht über gesprochene und gehörte Sprachen und Dialekte der Mütter während der Schwangerschaft	14
Tabelle 3:	Übersicht über das Geschlecht (GS), das Alter zum Aufnahmezeitpunkt (AZP), die Anzahl der für die Melodieanalyse analysierten Laute und der anhand spektraler Voranalyse ausgeschlossenen Laute (auch Kurzlaute) des Probandenkollektivs [N=55]	19
Tabelle 4:	Messkriterien für die Intervallvermessung.....	34
Tabelle 5:	Übersicht über die Frequenzverhältnisse in der gleichmäßig temperierten Stimmung und der hier verwendeten Kategoriengrenzen	40
Tabelle 6:	Häufigkeitsverteilung der Intervall- und Melodietypstrukturen in Abhängigkeit von der Anzahl der analysierten Laute pro Kind	49
Tabelle 7:	Übersicht über die ermittelte absolute und prozentuale Anzahl der Intervall- und Melodietypstrukturen der Kinder [N=55] und Signale [N=3641].....	56
Tabelle 8:	Übersicht über die ermittelte absolute und prozentuale Anzahl der Intervall- und Melodietypstrukturen der männlichen Probanden [N=27] und deren Lauten [N=1972]	60
Tabelle 9:	Übersicht über die ermittelte absolute und prozentuale Anzahl der Intervall- und Melodietypstrukturen der weiblichen Probanden [N=28] und deren Lauten [N=1669]	60
Tabelle 10:	Absolute und prozentuale Häufigkeiten der steigenden und fallenden Intervalle in der Gruppe der männlichen und weiblichen Probanden.....	64
Tabelle 11:	Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau in [s]	67
Tabelle 12:	Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau in [%].....	67
Tabelle 13:	Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [s]	72
Tabelle 14:	Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [s]	73

Tabelle 15:	Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [%].....	74
Tabelle 16:	Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [%].....	74
Tabelle 17:	Deskriptive Analyse der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau in [Hz].....	88
Tabelle 18:	Deskriptive Analyse der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [Hz]	90
Tabelle 19:	Deskriptive Analyse der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [Hz]	90
Tabelle 20:	Deskriptive Analyse der F_0 -Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau in [Hz]	94
Tabelle 21:	Deskriptive Analyse der F_0 -Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [Hz]	98
Tabelle 22:	Deskriptive Analyse der F_0 -Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [Hz]	98
Tabelle 23:	Häufigkeiten der Intervall-Tonhöhenverhältnisse	104
Tabelle 24:	Häufigkeiten der Tonhöhenverhältnisse der steigenden und fallenden Intervalle	106

Abkürzungsverzeichnis

AGA	appropriate for gestional age
APGAR	Activity/Pulse/Grimace/Appearance/Respiration (Punkteschema für die Zustandsdiagnostik des Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt)
AZP	Aufnahmezeitpunkt
BOMA	Bogenmaß
CDAP	Cry-Data-Analysis-Program
CSL	Computer-Speech-Lab
F₀	Grundfrequenz
F_{max}	maximale Grundfrequenz
F_{min}	minimale Grundfrequenz
GS	Geschlecht
IDS	infant-directed-speech
m	männlich
SSW	Schwangerschaftswoche
w	weiblich
ZVES	Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg

1 Einleitung

1.1 Musikalische Eigenschaften in den Melodien der Vokalisationen Neugeborener

Der Spracherwerb beginnt faktisch schon im Mutterleib mit der Verarbeitung der mütterlichen Stimme und Sprechmelodie (DeCasper und Sigafos 1983). Er beruht sowohl auf genetischen Faktoren als auch auf Lernprozessen. Mit Beginn des letzten Trimenons beginnt der Fetus die Stimme der Mutter und andere Umweltgeräusche wahrzunehmen. Es sind im Wesentlichen die Melodie und der Rhythmus, also die prosodischen Eigenschaften der gehörten Sprache, die vom Fetus intrauterin wahrgenommen und im Gedächtnis gespeichert werden können (DeCasper und Spence 1986). Shahidullah und Hepper (1994) und Birnholz und Benacerraf (1983) konnten in ihren Studien zeigen, dass die Feten im Alter von der 25. und 37. SSW bereits auf unterschiedliche Frequenzstimuli (250 Hz und 500 Hz) reagieren können. Die Fähigkeit Frequenzmodulationen und rhythmische akustische Strukturmerkmale zu verarbeiten, ist die Voraussetzung dafür, prosodische Sprachmerkmale wahrzunehmen bzw. zu unterscheiden. Dies wirkt sich unmittelbar auf die vokale Lautproduktion aus. So sind beispielsweise die Schreimelodiekonturen von französischen und deutschen Neugeborenen bereits in der ersten Woche schon deutlich durch die jeweilige Muttersprache geprägt (Mampe et al. 2009). Dies zeigt, dass die Prosodie der Muttersprache bereits pränatal einen Einfluss auf die Sprachentwicklung hat. Neugeborene reagieren viel stärker auf die mütterliche Stimme als auf andere Umweltgeräusche, wie u.a. die Studie von Webb et al. (2015) gezeigt hat. Hier wurde einer Gruppe Frühgeborener (zwischen der 25. und 32. Gestationswoche) im ersten Lebensmonat postnatal randomisierte Audioaufnahmen der mütterlichen Stimme im Inkubator vorgespielt. Eine zweite Gruppe wurde nur den Umweltgeräuschen des Krankenhauses ausgesetzt. Die Stimmlaute waren tiefpassgefiltert und mit dem individuellen Herzschlag der Mutter überlagert, sodass der Säugling wie im Mutterleib hört und von der eigentlichen Sprache nur die prosodischen Merkmale, wie Melodie und Rhythmus wahrnehmen konnte. Beide Gruppen waren medizinisch und demographisch vergleichbar.

Ausschlusskriterien waren pränatal diagnostizierte Gehirnläsionen, intrakranielle Blutungen, zystische periventrikuläre Leukomalazie, hervortretende extraaxiale Räume und dilatierte Seitenventrikelvorderhörner. Intrauterine Wachstumsstörungen wurden ebenfalls ausgeschlossen. Das Ergebnis einer Ultraschalluntersuchung des Schädels am Ende des ersten Lebensmonats (30 ± 3 d) war eine beidseitig vergrößerte Hörrinde der Neugeborenen, denen die Audioaufnahmen der mütterlichen Stimme vorgespielt wurden, verglichen mit der Gruppe, die nur den normalen Umweltgeräuschen ausgesetzt war. Als anatomische Kontrollregionen dienten das anteriore Horn und das Korpus callosum. „[...] despite the immaturity of the auditory pathways, the AC is more adaptive to maternal sounds than environmental noise.“ (Webb et al. 2015, S. 1). Die Studie zeigt, dass die mütterliche Stimme ein höchst wirksames biologisches Signal darstellt, dessen Einfluss auch eine hirnphysiologische Wirkung einzuschließen scheint.

Welche Bedeutung die mütterliche Sprechweise hat, zeigt sich auch in der IDS (infant-directed-speech), dem sogenannten „Motherese“. Diese typische Sprechweise Erwachsener gegenüber Säuglingen zeichnet sich durch einen übertrieben melodischen Ausdruck aus. Laut Fernald (1989) und Papoušek (1994) können mithilfe des Motherese Botschaften an den Säugling via Melodie übermittelt werden. Das IDS ist universal und unabhängig von Sprache und Musik (Grieser und Kuhl 1988; Papoušek et al. 1991).

Die prosodischen Eigenschaften (Melodie und Rhythmus) sind nicht nur für Sprache, sondern in gewissem Sinne auch für Musik charakteristisch. Das Neugeborene ist vor allem für die musikalischen Elemente der Sprache empfänglich, also für Tonhöhe, Melodie, Dauer und Rhythmus. „Es besitzt eine Vorliebe für Töne gegenüber Geräuschen, [...]“ (Mathelitsch und Friedrich 2000, S. 34). Charles Darwin (1871) war bereits der Ansicht, dass „musical sounds afforded one of the bases for the development of language.“ (Kapitel XIX, S.572). Sprachmelodie und Musik haben eine ähnliche Wirkung auf den Säugling. Daher hat auch eine pränatale Musikexposition Einfluss auf das auditive Lernen der Feten, das wiederum die Wahrnehmungspräferenzen der Säuglinge beeinflusst.

In der Studie von Partanen et al. (2013) wurden Mütter gebeten, während des letzten Trimenons ihrer Schwangerschaft fünfmal pro Woche eine bestimmte CD mit Kinderliedern zu hören. Die Säuglinge zeigten daraufhin sowohl nach der Geburt als auch noch 4 Monate später eine stärkere Reaktion auf dieselben Kinderlieder als Säuglinge, denen die CD pränatal nicht vorgespielt wurde.

Die Affinität zur Musik wird nicht nur beim Hören deutlich, sondern bereits in den ersten Lautäußerungen von Neugeborenen. Kinder spielen schon früh mit der Fähigkeit Töne in die Sprache einzubringen (Stafford 2006). „In fact, tones and the use of tone systems are mastered long before any other area of phonology.“ (Stafford 2006, S. 1). So konnten Wermke und Mende (2009) zeigen, dass die Vorliebe des Säuglings für Musik und ihre Elemente in den selbst erzeugten Lautäußerungen von Neugeborenen und älteren Säuglingen nachweisbar ist, also lange bevor die ersten Worte gesprochen werden. Diese Präferenz zeigte sich neben bogenartigen Grundfrequenzvariationen auch in Form intervallartiger Elemente innerhalb der Melodie. Die Frequenzverhältnisse der Intervallstrukturen entsprechen verschiedenen musikalischen Intervallen. Das Forscherteam untersuchte dieses musikalische Phänomen weiter und konnte die Pilotbefunde durch eine systematische Untersuchung an zwei Wochen alten Säuglingen stützen (Weigl 2012). Bisher ist nicht bekannt, ob die beschriebenen intervallartigen Melodievariationen in den Säuglingslauten nur das Ergebnis rein physiologischer Regelmechanismen bei der Phonation sind, oder ob sie gleichzeitig auch durch die „Musik“ der Muttersprache beeinflusst werden. Die vorliegende Arbeit liefert einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage.

Es besteht in der Fachliteratur Konsens darüber, dass unter den prosodischen Größen vor allem die Melodie einen wesentlichen Einfluss auf die vorsprachliche Entwicklung hat. Der Begriff „Melodie“ beschreibt in den Lautäußerungen Neugeborener und junger Säuglinge die Änderung der Grundfrequenz F_0 über die Dauer der Lautäußerung einer Expirationsphase (Wermke und Mende 1992). Wenn der Spracherwerb auf der perceptiven und produktiven Seite mit der Melodie beginnt und Feten bereits durch das Hören der mütterlichen Sprachmelodie geprägt werden und sich diese Prägung auch in den

Säuglingslauten widerspiegelt, unterscheiden sich dann die Melodie-(F₀)-Eigenschaften in Lautäußerungen von Neugeborenen einer tonalen und einer nicht-tonalen Muttersprache? Zeigen sich Besonderheiten in den von Wermke und Mende (2009) und Weigl (2012) beschriebenen intervallartigen Strukturen in den Lauten von Neugeborenen mit tonaler Muttersprache? Und wenn ja, spiegeln diese Besonderheiten tatsächlich den Einfluss der tonalen Muttersprache wider, die sich im Vergleich zur nicht-tonalen Sprache durch eine spezifische Variabilität der F₀ auszeichnet? Oder handelt es sich bei den intervallartigen Strukturen in den Melodien der Säuglingslaute um ein rein physiologisch bedingtes Phänomen der vokalen Kontrolle? In diesem Fall wären diese Strukturen dann eventuell sogar Kandidaten für potenzielle Risikomarker für neuro-physiologische Regelstörungen der laryngealen Mechanismen, die der Lauterzeugung zugrunde liegen. Die vorliegende Arbeit leistet durch die quantitative Analyse von Neugeborenenlauten chinesischer Neugeborener dazu einen Beitrag. Die Mütter dieser Kinder sprechen Mandarin, eine charakteristische tonale Sprache.

1.2 Tonale Sprachen

Tonale Sprachen kommen besonders häufig in Südostasien und Afrika vor (Stafford 2006). Ein wichtiger Vertreter tonaler Sprachen ist das Mandarin. Charakteristisch für diese Sprache sind die großen und häufig vorkommenden F_0 -Schwankungen innerhalb eines Wortes oder einer Silbe, also große Unterschiede zwischen F_{\max} und F_{\min} . Der Fetus, der sehr sensibel auf Melodie reagiert, nimmt diese Schwankungen ähnlich wie z.B. das Singen der Mutter wahr. Bei ihm lösen diese Schwankungen der Grundfrequenz einen starken Stimulus aus. Zusätzlich kann er auch sogenannte F_0 -Level Sprünge hören, also schnelle Wechsel zwischen unterschiedlichen Tonhöhen. Diese sind ebenso ein Charakteristikum der tonalen Sprachen. Weiterhin zeichnet sich das Mandarin dadurch aus, dass es sich der Tonhöhenunterschiede (F_0) bedient, um die Bedeutung eines Wortes zu verdeutlichen (Avery und Ehrlich 1992). Somit kann die Änderung im Ton auch gleichzeitig die Änderung der Bedeutung eines Wortes ausdrücken. F_0 -Variationen haben also eine lexikalische Bedeutung. Es gibt Worte, die sich nur durch ihren Ton unterscheiden und deren Bedeutung völlig unterschiedlich ist. Ein oft zur Erklärung herangezogenes Beispiel ist im chinesischen Mandarin die Silbe „ma“, die vier verschiedene Bedeutungen haben kann, je nachdem mit welchem Ton sie gesprochen wird. Die vier Töne im Mandarin werden folgendermaßen kategorisiert: Der erste Ton ist gleichbleibend hoch, der zweite Ton steigt in seiner Höhe an, der dritte fällt zuerst und steigt anschließend wieder und der vierte Ton fällt in seiner Höhe ab. Plant und Ge (2010) untersuchten achtjährige chinesische Kinder und fanden heraus, dass die Lautbildung dieser vier Töne von allen beherrscht wurde. „The uniformity of the patterns is quite striking, it shows how well the children have learned to ‘sing the tune’ of their language.“ (Plant und Ge 2010, S. 196).

Im Gegensatz zu den tonalen Sprachen gibt es nicht-tonale Sprachen, wie zum Beispiel die Deutsche Sprache. Im Deutschen werden mithilfe der Satzmelodie (Intonation) Sprechintentionen ausgedrückt, wie zum Beispiel das Heben/Fallen der Stimme am Ende eines Fragesatzes/Ausrufesatzes. Die Bedeutung eines

Wortes ändert sich durch F_0 -Variation nicht. Die Intonation spiegelt den zeitlichen Verlauf der Tonhöhe (F_0 -Variation) innerhalb eines Wortes oder Satzes wider.

Die Zugehörigkeit zu einer tonalen oder nicht-tonalen Sprache hat Einfluss auf die Wahrnehmung von Tönen. Dies wurde beispielsweise in einer Studie von Gandour et al. (1998) untersucht. Sie konnten zeigen, dass die Unterscheidung lexikalischer Töne die Sprachregion der linken Hirnhälfte bei thailändisch Sprechenden (tonal) aktiviert. Diese Aktivität konnte jedoch nicht bei thailändisch Sprechenden gefunden werden, denen nicht-sprachliche (musikalische) Tonhöhenschwankungen präsentiert wurden und ebenso nicht bei englisch sprechenden Probanden, weder bei der Unterscheidung von sprachlichen noch bei der von nicht-sprachlichen Tonhöhenschwankungen. Die sprachliche Tonwahrnehmung wird somit durch das Ausgesetztsein und die Erfahrung mit Sprachklängen in einer Tonsprache geprägt.

Ein ähnliches Ergebnis erzielten Stevens et al. (2004). In ihrer Studie wurden erwachsene Versuchsteilnehmer mit tonaler (Thai) und nicht-tonaler (australisches Englisch) Muttersprache hinsichtlich der Unterscheidung einerseits zwischen thailändischen und englischen Begriffen, die durch steigende/fallende Konturen gekennzeichnet waren, und andererseits zwischen musikalischen Elementen, die durch steigende/fallende Konturen, Dur/Moll Intervalle und Kombinationen aus Konturen und Intervallen gekennzeichnet waren, untersucht. Die sprachlichen Begriffe und die musikalischen Elemente wurden ihnen sowohl ungefiltert als auch tiefpassgefiltert vorgespielt. Die Versuchsteilnehmer mit tonaler Muttersprache schnitten in der Studie besser ab, als die Versuchsteilnehmer mit nicht-tonaler Muttersprache. „The results provide [...] that a tonal language background sensitizes listeners to contour in short spoken items. [...] the early language environment fosters development of general feature extraction processes for pitch contour. Superior performance of the tonal language group on contour discrimination suggests that experience with a tonal language does not give rise to general pitch attunement but that it is specific to contour or pitch contrasts characteristic of their native language.“ (Stevens et al. 2004, S. 713,715).

Eine Prägung durch tonale bzw. nicht-tonale Sprachen ist bereits bei Kleinkindern zu erkennen. Chen und Kent (2009) stellten fest, dass es bei Mandarin sprechenden Kindern neben universalen Mustern auch sprachspezifische Muster im Babbeln und den ersten Worten gibt. Dafür untersuchten sie die Entwicklung prosodischer Muster (F_0 -Variabilität) bei Mandarin lernenden Kindern zwischen dem 7. und 18. Lebensmonat (Übergang vom Babbeln zur ersten Wortproduktion). Des Weiteren stellten sie sich die Frage, „[...] whether the distribution of prosodic patterns changes from early (babbling) to later (early words) stages of speech development, i.e. whether prosodic development is continuous or discontinuous.“ (Chen und Kent 2009, S. 74). Dazu wurden sowohl die spontanen Vokalisationen von 24 Kindern als auch die Lautproduktionen ihrer Bezugspersonen aufgezeichnet. Das Ergebnis zeigte, dass die prosodische Entwicklung sowohl den allgemeinsprachlichen als auch den sprachspezifischen Einfluss widerspiegelt. Es wurden sowohl Merkmale gefunden, die auch schon bei Kindern englischer Sprachherkunft beobachtet worden waren, als auch Merkmale, die mit denen der Muttersprache (Mandarin) übereinstimmten. Außerdem zeigten die Verteilungsmerkmale der F_0 -Konturen signifikante Ähnlichkeiten im Babbeln und in den ersten Worten. Diese Verteilungsmerkmale wiesen sowohl bei den Kindern als auch bei ihren Bezugspersonen ähnliche Werte auf.

Die Satzmelodie, die Kinder versuchen auszudrücken, ist charakteristisch für die Sprache, die die Erwachsenen in ihrem Umfeld sprechen. Dabei spielt es keine Rolle, in welcher Sprachumgebung das Kind aufwächst (Wang 1991). Neugeborene, die von einer tonalen Sprachumgebung beeinflusst werden, sind damit viel stärker Tonhöhenveränderungen ausgesetzt als Neugeborene, die in einer nicht-tonalen Sprachumgebung aufwachsen. Sie entwickeln mit dem Erlernen der Sprache eine besonders hohe Sensibilität für die musikalische Komponente der Sprache. Dies ist auch der Grund dafür, weshalb ein Zusammenhang zwischen dem Erwerb einer tonalen Sprache und dem Besitz des absoluten Gehörs vermutet wurde (Deutsch et al. 2006). Das Gehör dient der auditiven Wahrnehmung von Sprache und Umweltgeräuschen und fungiert

auch als Warnsystem (Pape et al. 2014). Deutsch et al. (2006) untersuchten die Häufigkeit des Vorkommens eines absoluten Gehörs bei US-amerikanischen und chinesischen Musikstudenten. Ihre Vermutung war, dass sich das absolute Gehör in Folge des Erwerbs der tonalen Sprache entwickelt und dass Kinder, die eine tonale Sprache erlernen, diese Eigenschaft bereits sehr früh in ihrer Kindheit erlangen. „[...] tone language speakers [...] so can later acquire absolute pitch for music in the same way as they acquire the features of a second language.“ (Deutsch et al. 2006, S. 719). Ihrer Meinung nach kommt das Erlangen des absoluten Gehörs dem Erlernen einer zweiten tonalen Sprache gleich. Dies fällt den chinesischen Musikstudenten, die mit dem Mandarin als Muttersprache aufgewachsen sind, somit sichtlich leichter. Das Ergebnis der Studie war folgendes: Die Wahrscheinlichkeit, ein absolutes Gehör zu entwickeln war umso größer, je früher die Studenten mit ihrer musikalischen Ausbildung begonnen hatten. Tatsächlich war der prozentuale Anteil bei den Mandarin sprechenden Studenten mit einem absoluten Gehör mit 60 % deutlich größer als bei den Englisch sprechenden Studenten mit nur 14 %. Dies wurde mit dem Einfluss der erlernten Muttersprache erklärt, obwohl auch genetische Faktoren nicht ausgeschlossen werden konnten.

Eine weitere Studie, die die Unterschiede zwischen tonaler und nicht-tonaler Sprachentwicklung bei Kindern untersucht hat, ist von Mattock und Burnham (2006). Sie untersuchten Kinder chinesischer und englischer Muttersprache zwischen dem 6. und dem 9. Lebensmonat um herauszufinden, ob sie bereits sprachliche und nicht-sprachliche (musikalische) Töne unterscheiden können. Die chinesischen Säuglinge schnitten in beiden Altersstufen, bei der sprachlichen und der nicht-sprachlichen Tonunterscheidung gleich gut ab. Die Fähigkeit zur sprachlichen Tonunterscheidung bei den englischen Säuglingen nahm zwischen dem 6. und 9. Lebensmonat ab. In der nicht-sprachlichen (musikalischen) Tonunterscheidung zeigten sich bei den englischen Säuglingen keine Unterschiede zwischen dem 6. und 9. Lebensmonat. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass die Tonwahrnehmung zwischen dem 6. und 9. Monat umstrukturiert wird und dass diese perzeptive Re-Organisation mit der

Umgebungssprache in Zusammenhang zu stehen scheint. „[...] the reorganization of tone perception is a function of the native language environment, and [...] this reorganization is linguistically based.“ (Mattock und Burnham 2006, S. 1).

Weshalb zeigen Sprecher einer tonalen Sprache gegenüber denen einer nicht-tonalen Sprache solche Unterschiede? Warum scheint den letzteren das Gefühl für Töne und deren Wahrnehmung zu fehlen? Virtala et al. (2013) sind der Meinung, dass „[...] the absence of musical training [...] might indicate the disappearance of an early sensitivity to major/minor distinction during development [...]“ (Virtala et al. 2013, S. 7). Ihrer Meinung nach ist diese musikalische Eigenschaft bereits bei Neugeborenen zu finden, verliert sich aber während der Entwicklung wieder. Es ist zu vermuten, dass das Erlernen einer tonalen Sprache, welche sich durch eine stärkere Variabilität der F_0 und damit durch stärkere Tonhöhenschwankungen auszeichnet, einem musikalischen Training gleichkommt. Das könnte die Begründung dafür sein, dass die Sprecher einer tonalen Sprache ein besseres Gefühl für Töne und Tonwahrnehmung haben als diejenigen einer nicht-tonalen Sprache. Somit lässt sich die Vermutung aufstellen, dass sich eventuell bereits in den Lautäußerungen chinesischer Säuglinge melodische Strukturbesonderheiten finden lassen. Zeigt sich also ein Einfluss der tonalen Sprachumgebung bereits in bestimmten Melodiemerkmale chinesischer Neugeborenenlaute?

Ein Hinweis darauf, dass eine tonale Sprachumgebung F_0 -Eigenschaften von Neugeborenenlauten beeinflussen könnte, liefern die Arbeiten von Dahlem (2008), Feng (laufende Dissertation) und Hallé et al. (1991). Dahlem (2008) beschreibt in Melodien japanischer Neugeborener sogenannte „treppenartige Elemente“, die mit der Tonakzentsprache des Japanischen im Zusammenhang stehen könnten. Feng (laufende Dissertation) fand solche und ähnliche Strukturen bei chinesischen Neugeborenen. Ebenso konnten Hallé et al. (1991) in ihrer Studie zeigen, dass in den Lautäußerungen von französischen und japanischen Kleinkindern (15-23 Monate) sprachspezifische F_0 -Muster zu erkennen sind, die sich auch in der Prosodie der Erwachsenen wiederfinden.

Vorliegende Dissertation soll der Vermutung von Feng (laufende Dissertation) erstmalig systematisch nachgehen. Dazu wurden spontane Lautäußerungen (Weinen) chinesischer Neugeborener in der ersten Lebenswoche untersucht. Das Weinen stellt die für Neugeborene effektivste Art der Kommunikation dar. Motorisch und visuell noch unreif, kann das Neugeborene durch die Modulation seiner Laute ganz unterschiedliche elterliche Reaktionen hervorrufen. Dabei ist es nicht das sehr laute „Schreien“ in Notsituationen (z. B. Schmerz), was aus der Perspektive der Sprachentwicklung von Bedeutung ist. Im Gegenteil, das in seiner Intensität abgeschwächte Weinen („mitigated crying“ (Wermke und Mende 2009)) ist durch eine Vielfalt melodisch-rhythmischer, also musikalischer Variabilität gekennzeichnet. Der Fokus bei der Analyse dieser mitigierten Weinlaute lag auf dem Auffinden und objektiven Beschreiben sogenannter F_0 -Intervallstrukturen (vgl. Kapitel 2.5). Weigl (2012) hat solche Strukturen erstmalig mit Hilfe einer quantitativen Intervallvermessung analysiert. Mittels einer auditiv-perzeptiven Untersuchung an Musikern hat sie die Messmethode durch Hören verifiziert. Die vorliegende Arbeit baut auf dieser Methode auf, erweitert sie und wendet sie auf die Laute chinesischer Neugeborener an.

2 Material und Methoden

Das nachfolgende Kapitel befasst sich mit der fachlichen Einbettung der vorliegenden Arbeit, der Auswahl des Probandenkollektivs und der Erhebung, Bearbeitung und Analyse der Daten. Außerdem wird auf die Reliabilität der verwendeten Messmethode eingegangen und angewendete statistische Verfahren erläutert.

2.1 Fachliche Einbettung der Studie

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Kinder wurden im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem National Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning in Peking und zwei der größten Kliniken im Zentrum von Peking sowie dem ZVES rekrutiert und deren Lautäußerungen ausgewertet. Die Arbeit ordnet sich fachlich in das Themengebiet der Suche nach Frühindikatoren für Sprachentwicklungsstörungen ein.

Vor der Durchführung der Aufnahmen wurde mit allen Müttern ein Aufklärungsgespräch geführt. Sie stimmten der Teilnahme an der Studie und der Verwendung der Lautaufnahmen zu wissenschaftlichen Zwecken in schriftlicher Form zu. Sowohl die zuständige Klinikdirektion als auch die Forschungsethikkommission der Beijing Normal University, China haben ihr Einverständnis zur Durchführung der Studie erteilt. Die Studie wurde nach den Kriterien der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

Für die vorliegende Studie wurden spontane, mitigierte Säuglingslautäußerungen chinesischer Neugeborener der ersten Postnatalwoche im Hinblick auf Häufigkeit und Charakteristik intervallartiger F_0 -Strukturen untersucht und ausgewertet. Die Arbeit stellt eine explorative Pilotstudie dar. In Feng (laufende Dissertation) wurde das Vorkommen intervallartiger Strukturen beschrieben. Aufbauend auf diesen Beobachtungen wurden diese Strukturen in der vorliegenden Arbeit charakterisiert und quantitativ analysiert. Die Arbeit ist in das Forschungsgebiet der vorsprachlichen Diagnostik des ZVES eingebettet.

2.2 Probandenkollektiv

Das nachfolgende Kapitel gibt eine Übersicht über die Auswahlkriterien und Charakteristik der chinesischen Probandengruppe. Außerdem wurden die Sprachgewohnheiten der Mütter aufgelistet.

Die Daten, die in Form von digitalen anonymisierten Lautaufzeichnungen am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES, Leitung: Prof. Dr. K. Wermke) an der Poliklinik für Kieferorthopädie (Direktorin: Prof. Dr. A. Stellzig-Eisenhauer) vorlagen, wurden an zwei unterschiedlichen Kliniken im Zentrum von Peking (China) aufgenommen. Die Aufnahmen erfolgten durch zwei chinesische Studentinnen (Yun Feng; Yufang Ruan). Die Lautaufnahmen der Neugeborenen wurden im Beisein der Mütter (im Rahmen der normalen Routinephase/ Stillen/ Füttern/ Wickeln) gemacht - das bedeutet unter schmerzfreien Bedingungen (nur spontan erzeugte Laute). Hierfür wurden laut Protokoll ein tragbarer DAT-Recorder (Tascam BP-D1) und ein Earthworks TC20 Mikrophon verwendet (Abtastfrequenz von 48 kHz, Dynamikbreite 16 Bit). Um eine Übersteuerung bei plötzlichen Lautstärkeschwankungen zu vermeiden, wurde zusätzlich eine Vordämpfung von 20 dB eingestellt. Der Abstand des Mikrophons zum Mund des Kindes betrug ca. 10-15 cm. Die Dauer der einzelnen Aufnahmen lag bei drei Minuten.

Zu den Aufnahmen wurde ein Begleitprotokoll erstellt, das wichtige Bemerkungen und Randbedingungen enthielt (Aufnahmedatum und -uhrzeit, Ort der Aufnahme, Befindlichkeit des Kindes, Bemerkungen zu Hintergrundgeräuschen) sowie Angaben zur Muttersprache und mütterlichen Musikgewohnheiten während der Schwangerschaft. Die Aufnahmen und Begleitprotokolle wurden anonymisiert und in anonymisierter Form an das ZVES gegeben. Die hier beschriebene Auswertung der Lautaufnahmen erfolgte im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen durch die Autorin vorliegender Arbeit.

Insgesamt wurden 64 Neugeborene konsekutiv rekrutiert. Die Auswahl erfolgte anhand der nachfolgenden Kriterien (Tabelle 1) durch das Personal der jeweiligen Klinik. Die Säuglinge waren, bis auf einen, alle termingerecht geboren und neurologisch unauffällig. Der Schwangerschaftsverlauf der Mütter verlief regelrecht und komplikationslos.

Tabelle 1: Auswahlkriterien der Probanden

- **Kontrollierte Schwangerschaft mit unauffälligem Verlauf**
- **Spontangeburt oder primäre Sectio caesarea***
- **Gestationsalter zwischen 37+0 und 41+6 SSW****
- **AGA-Säugling (eutroph)**
- **APGAR-Werte fünf bzw. zehn Minuten postnatal ≥ 9 / Umbilikalvenen-pH $> 7,2$**
- **unauffälliges Neugeborenen-Hörscreening**
- **unauffällige neurologische Erstuntersuchung**
- **Zustimmung zur Studienteilnahme und schriftliche Einverständniserklärung der Eltern nach ausführlichem Aufklärungsgespräch**

*Die Arbeit von Höing (2010) hat gezeigt, dass Kinder mit einer Sectio sich nicht von denen mit einer Spontangeburt unterscheiden, wenn sie ansonsten gesund sind.

**Eine Ausnahme (35 SSW), zeigte ansonsten keine Auffälligkeiten und wurde deshalb mit in die Studie aufgenommen.

In der vorliegenden Arbeit wurden von den ursprünglich 64 rekrutierten Neugeborenen, insgesamt 55 Neugeborene (28 Mädchen und 27 Jungen) für die durchgeführte Analyse ausgewählt. Die Gründe für das Ausschließen der übrigen Säuglinge waren eine zu geringe Anzahl verwertbarer Signale oder Signale, die keinen klaren Melodieverlauf erkennen ließen.

Zum Aufnahmezeitpunkt lag das Durchschnittsalter der Neugeborenen bei $3,55 \pm 1,08$ Tagen. Das Gestationsalter lag bei 54 Probanden zwischen der 37+1 und 41+3 SSW (Mittelwert: $39,9 \pm 0,88$ SSW). Das Geburtsgewicht lag im Durchschnitt bei 3423 ± 420 g, bei den Mädchen im Schnitt bei 3339 ± 434 g und bei den Jungen im Schnitt bei 3510 ± 395 g. Die Geburtslänge der Probandengruppe betrug im Schnitt $50,2 \pm 1,37$ cm. Die durchschnittliche Geburtslänge der Mädchen lag bei $49,9 \pm 1,25$ cm, die der Jungen bei $50,5 \pm 1,45$ cm. Der durchschnittliche Kopfumfang der Probandengruppe (bei 8 Kindern wurden zu diesem Wert keine Angaben gemacht) lag bei $34,8 \pm 1,25$ cm.

Bei den Mädchen betrug er im Schnitt $34,5 \pm 1,27$ cm, bei den Jungen $35,0 \pm 1,19$ cm.

22 Neugeborene (40% des Gesamtkollektivs) wurden primär per sectionem caesaream geboren, davon 12 Mädchen und 10 Jungen. Deren Durchschnittsgewicht lag bei 3593 ± 456 g, die durchschnittliche Länge bei $51,0 \pm 1,69$ cm und der durchschnittliche Kopfumfang bei $35,1 \pm 1,18$ cm.

Die Mütter wurden nach der Art und Anzahl der von ihnen im letzten Drittel der Schwangerschaft gesprochenen und gehörten Sprachen bzw. Dialekte befragt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Übersicht über gesprochene und gehörte Sprachen und Dialekte der Mütter während der Schwangerschaft

Proband	gesprochene Sprachen und Dialekte [N]	gehörte Sprachen und Dialekte [N]	Bemerkung
1. Kind	2	0	spricht Mandarin und selten Shanxi
2. Kind	2	3	spricht Mandarin und telefoniert auf Deutsch; hört mehrere Dialekte (Sichuan, Wenzhou, Dongbei)
3. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
4. Kind	3	1	spricht Mandarin, Kantonesisch und Hunan; hört Dongbei
5. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
6. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
7. Kind	2	0	spricht Mandarin und gelegentlich Englisch
8. Kind	2	0	spricht Mandarin und gelegentlich Englisch
9. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
10. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
11. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
12. Kind	2	1	spricht Mandarin und gelegentlich Shanxi; hört Shaanxi

Material und Methoden

13. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
14. Kind	2	0	spricht Mandarin und Anhui
15. Kind	1	1	spricht Dongbei; hört gelegentlich Englisch
16. Kind	1	1	spricht Mandarin; hört Hunan
17. Kind	1	1	spricht Mandarin; hört Anhui
18. Kind	2	0	spricht Mandarin und selten Hunan
19. Kind	2	0	spricht Mandarin und Neimeng (Mongolisch)
20. Kind	1	1	spricht Mandarin; hört englische Filme (4-5 mal/Woche)
21. Kind	2	0	spricht Mandarin und Wenzhou
22. Kind	2	1	spricht Mandarin und Englisch (jeden Morgen); hört Kejia
23. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
24. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
25. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
26. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
27. Kind	3	1	spricht Mandarin, Liaoning und Englisch (jeden Morgen); hört selten Hunan
28. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
29. Kind	2	0	spricht Mandarin und Englisch (jeden Tag)
30. Kind	2	1	spricht Mandarin und Deutsch (arbeitet in deutscher Firma); hört ihren Mann auf Shandong telefonieren
31. Kind	2	0	spricht Mandarin und Englisch (einmal pro Woche)
32. Kind	2	0	spricht Mandarin und Englisch (2-3 Std. alle zwei Tage); hört englische Nachrichten
33. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin

Material und Methoden

34. Kind	2	0	spricht Mandarin und gelegentlich Englisch; hört gelegentlich Englisch
35. Kind	3	0	spricht Mandarin, Kantonesisch und Englisch
36. Kind	2	0	spricht Mandarin und Französisch; hört Französisch (im Auto)
37. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
38. Kind	1	0	Keine Angaben
39. Kind	2	0	spricht Mandarin und Englisch; hört Englisch und englische Filme
40. Kind	1	0	Keine Angaben
41. Kind	2	1	spricht Mandarin und Sichuan; hört englische Filme
42. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
43. Kind	3	0	spricht Mandarin, Shanxi und Englisch (selten); hört selten Englisch
44. Kind	1	1	spricht Mandarin; hört Hubei
45. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
46. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
47. Kind	1	0	Keine Angaben
48. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
49. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
50. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
51. Kind	2	0	spricht Mandarin und Hebei
52. Kind	2	0	spricht Mandarin und Jiangsu
53. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin
54. Kind	2	2	spricht Mandarin und Sichuan; hört Englisch und Kantonesisch
55. Kind	1	0	spricht und hört nur Mandarin

Gesprochene Sprache/Dialekt: 1=einsprachig, 2=zweisprachig, 3=dreisprachig

Gehörte Sprache/Dialekt: 0=keine weitere Sprache gehört, 1=eine weitere Sprache gehört, 2=zwei weitere Sprachen gehört, 3=drei weitere Sprachen gehört

Anhui: Provinz im Südosten Chinas

Hebei: Provinz im Norden Chinas

Hubei: Provinz im Osten Chinas; ihr Name bedeutet „nördlich des Sees“

Hunan: Provinz im Südosten Chinas; ihr Name bedeutet „südlich des Sees“

Jiangsu: Provinz an der Ostküste Chinas

Kejia: Dialekt, der auch als „Hakka“ bezeichnet und im Süden Chinas gesprochen wird

Liaoning: Provinz im Nordosten Chinas

Neimeng: Autonomes Gebiet im Norden Chinas, auch als „Innere Mongolei“ bezeichnet

Shaanxi: Provinz in der Mitte Chinas

Shandong: Provinz an der Ostküste Chinas

Shanxi: Provinz im Norden Chinas; ihr Name bedeutet „westlich der Berge“

Sichuan: südwestchinesische Provinz; ihr Name bedeutet „vier Flüsse“

Wenzhou: an der Ostküste Chinas liegende Stadt

18 Mütter hatten neben dem vorherrschend tonalen auch teilweise einen nicht-tonalen Sprachinput (Englisch, Deutsch, Französisch). Diese Kinder wurden nach ausgiebiger Prüfung in der Studie belassen, da sie in keiner der Untersuchungsvariablen von den übrigen Kindern abwichen. Insgesamt sprachen 25 (45,5 %) Mütter während der Schwangerschaft mehr als eine/n Sprache/Dialekt und 13 (23,6 %) Mütter hörten eine/n weitere/n Sprache/Dialekt.

2.3 Datengrundanalyse

Die für die vorliegende Arbeit verwendeten Aufnahmen lagen bereits in anonymisierter, digitalisierter Form am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) vor.

Die Gesamtanzahl der vorhandenen Einzellaute betrug 5453. Ein Einzellaute, d.h. Einzelschrei hier, entspricht der Phonation während einer Expiration. „Das Weinen der [Neugeborenen] besteht aus einer Abfolge einzelner [...] Schreie, die während einer Expiration geäußert werden. Jedem einzelnen Schrei bzw. jeder Schreisequenz folgt eine Inspiration.“ (Höing 2010, S. 24). In vorliegender Arbeit wurden nur expiratorische Laute analysiert, inspiratorische Geräusche wurden aus der Analyse ausgeschlossen.

Aufgrund von Hintergrundgeräuschen, phonatorischen Rauschbanden, F_0 -Sprüngen und/oder starker F_0 -Instabilität wie Tremor und Vibrato mussten 1812 Einzelschreie von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden, um nur Laute mit einer zuverlässig identifizierten F_0 -Kontur (Melodie) in die Analyse einzubeziehen. Die genannten Phänomene sind typisch für Neugeborenenlaute und allein kein Hinweis auf eine potenzielle laryngeale Funktionsstörung (Mende et al. 1990b; Truby et al. 1965; Wasz-Höckert et al. 1968). Von den ursprünglich 5453 Lauten der 55 Neugeborenen konnten somit insgesamt 3641 Weinlaute mit gut identifizierbarer Melodie analysiert werden. Dies entspricht einer durchschnittlichen Anzahl von 66 Schreien pro Kind (min: 11, max: 278). Bei einzelnen Kindern wurden zwei oder drei Aufnahmen an unterschiedlichen Tagen gemacht. Eine detaillierte Auflistung findet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Übersicht über das Geschlecht (GS), das Alter zum Aufnahmezeitpunkt (AZP), die Anzahl der für die Melodieanalyse analysierten Laute und der anhand spektraler Voranalyse ausgeschlossenen Laute (auch Kurzlaute) des Probandenkollektivs [N=55]

Proband	Probanden-Code	GS	Alter zum AZP in [d]	Anzahl der analysierten Laute [N (%)]	Anzahl der ausgeschlossenen Laute [N (%)]
1. Kind	AA-CH-01	m	3	55 (100)	0 (0)
2. Kind	AB-CH-02	w	3	51 (44,7)	63 (55,3)
3. Kind	AC-CH-03	m	4	48 (96)	2 (4)
4. Kind	AD-CH-04	w	5	39 (60,9)	25 (39,1)
5. Kind	AE-CH-05	w	2	17 (77,3)	5 (22,7)
			3	28 (66,7)	14 (33,3)
6. Kind	AF-CH-06	m	4	48 (57,8)	35 (42,2)
7. Kind	AG-CH-07	w	5	30 (88,2)	4 (11,8)
8. Kind	AI-CH-09	m	4	36 (87,8)	5 (12,2)
			5	53 (38,4)	85 (61,6)
9. Kind	AJ-CH-10	w	4	24 (38,1)	39 (61,9)
			5	39 (32,0)	83 (68,0)
10. Kind	AK-CH-11	w	3	45 (55,6)	36 (44,4)
11. Kind	AL-CH-12	m	1	11 (100)	0 (0)
			2	81 (87,1)	12 (12,9)
12. Kind	AM-CH-13	w	2	17 (94,4)	1 (5,6)
13. Kind	AN-CH-14	m	4	26 (81,25)	6 (18,75)
14. Kind	AO-CH-15	m	3	16 (44,4)	20 (55,6)
15. Kind	AP-CH-16	m	3	50 (54,9)	41 (45,1)
			5	82 (51,6)	77 (48,4)
16. Kind	AQ-CH-17	w	3	70 (68,0)	33 (32,0)
17. Kind	AR-CH-18	m	5	105 (61,4)	66 (38,6)
18. Kind	AS-CH-19	m	2	129 (56,6)	99 (43,4)

Material und Methoden

19. Kind	AT-CH-20	m	2	49 (79,0)	13 (21,0)
			4	26 (70,3)	11 (29,7)
20. Kind	AU-CH-21	m	3	29 (58)	21 (42)
			4	75 (75,8)	24 (24,2)
21. Kind	AV-CH-22	m	5	32 (97,0)	1 (3,0)
22. Kind	AW-CH-23	w	5	103 (81,7)	23 (18,3)
23. Kind	AX-CH-24	w	4	62 (78,5)	17 (21,5)
24. Kind	AY-CH-25	m	2	48 (68,6)	22 (31,4)
			5	11 (32,4)	23 (67,6)
25. Kind	AZ-CH-26	w	2	34 (41,0)	49 (59,0)
26. Kind	BA-CH-27	w	4	15 (71,4)	6 (28,6)
27. Kind	BC-CH-29	m	3	50 (90,9)	5 (9,1)
28. Kind	BD-CH-30	w	2	21 (42,9)	28 (57,1)
			5	40 (97,6)	1 (2,4)
29. Kind	BF-CH-32	w	3	66 (72,5)	25 (27,5)
30. Kind	BG-CH-33	m	4	31 (88,6)	4 (11,4)
31. Kind	BH-CH-34	m	2	20 (57,1)	15 (42,9)
32. Kind	BI-CH-35	m	3	23 (41,8)	32 (58,2)
			5	71 (56,3)	55 (43,7)
33. Kind	BJ-CH-36	w	2	10 (58,8)	7 (41,2)
			3	46 (66,7)	23 (33,3)
			4	31 (96,9)	1 (3,1)
34. Kind	BK-CH-37	w	4	11 (100)	0 (0)
35. Kind	BL-CH-38	m	3	54 (88,5)	7 (11,5)
36. Kind	BM-CH-39	m	3	36 (85,7)	6 (14,3)
			6	31 (96,9)	1 (3,1)
37. Kind	BN-CH-40	w	3	18 (85,7)	3 (14,3)
			4	56 (100)	0 (0)

Material und Methoden

38. Kind	BO-CH-41	w	3	25 (61,0)	16 (39,0)
			4	31 (19,7)	126 (80,3)
			5	10 (62,5)	6 (37,5)
39. Kind	BP-CH-42	w	4	81 (76,4)	25 (23,6)
40. Kind	BQ-CH-43	w	2	18 (37,5)	30 (62,5)
			3	66 (61,1)	42 (38,9)
41. Kind	BR-CH-44	w	2	50 (94,3)	3 (5,7)
42. Kind	BS-CH-45	m	3	84 (42,6)	113 (57,4)
43. Kind	BT-CH-46	w	4	19 (63,3)	11 (36,7)
			5	5 (100)	0 (0)
44. Kind	BV-CH-49	w	2	23 (59,0)	16 (41,0)
			4	12 (41,4)	17 (58,6)
			5	34 (33,7)	67 (66,3)
45. Kind	BW-CH-50	m	4	52 (100)	0 (0)
46. Kind	BX-CH-51	m	3	92 (71,9)	36 (28,1)
47. Kind	CC-CH-56	m	5	51 (83,6)	10 (16,4)
48. Kind	DI-CH-107	m	3	30 (83,3)	6 (16,7)
49. Kind	DN-CH-113	w	4	89 (92,7)	7 (7,3)
50. Kind	DL-CH-114	w	3	76 (77,6)	22 (22,4)
51. Kind	DM-CH-115	m	4	59 (84,3)	11 (15,7)
52. Kind	DR-CH-116	w	4	36 (83,7)	7 (16,3)
53. Kind	DP-CH-119	w	4	59 (90,8)	6 (9,2)
54. Kind	DU-CH-124	m	3	278 (83,5)	55 (16,5)
55. Kind	DV-CH-126	w	4	162 (96,4)	6 (3,6)

2.4 Datenauswertung

Die am Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg durchgeführte Datenanalyse ist in verschiedene Arbeitsschritte untergliedert, die im nachfolgenden Diagramm (Abbildung 1) dargestellt sind.

Das im ZVES routinemäßig genutzte Lautanalysesystem ist ein speziell entwickeltes und umfangreich getestetes und bewährtes Standardsystem zur Analyse von vorsprachlichen Lautäußerungen. Nachfolgend werden einzelne Bearbeitungsschritte erläutert.

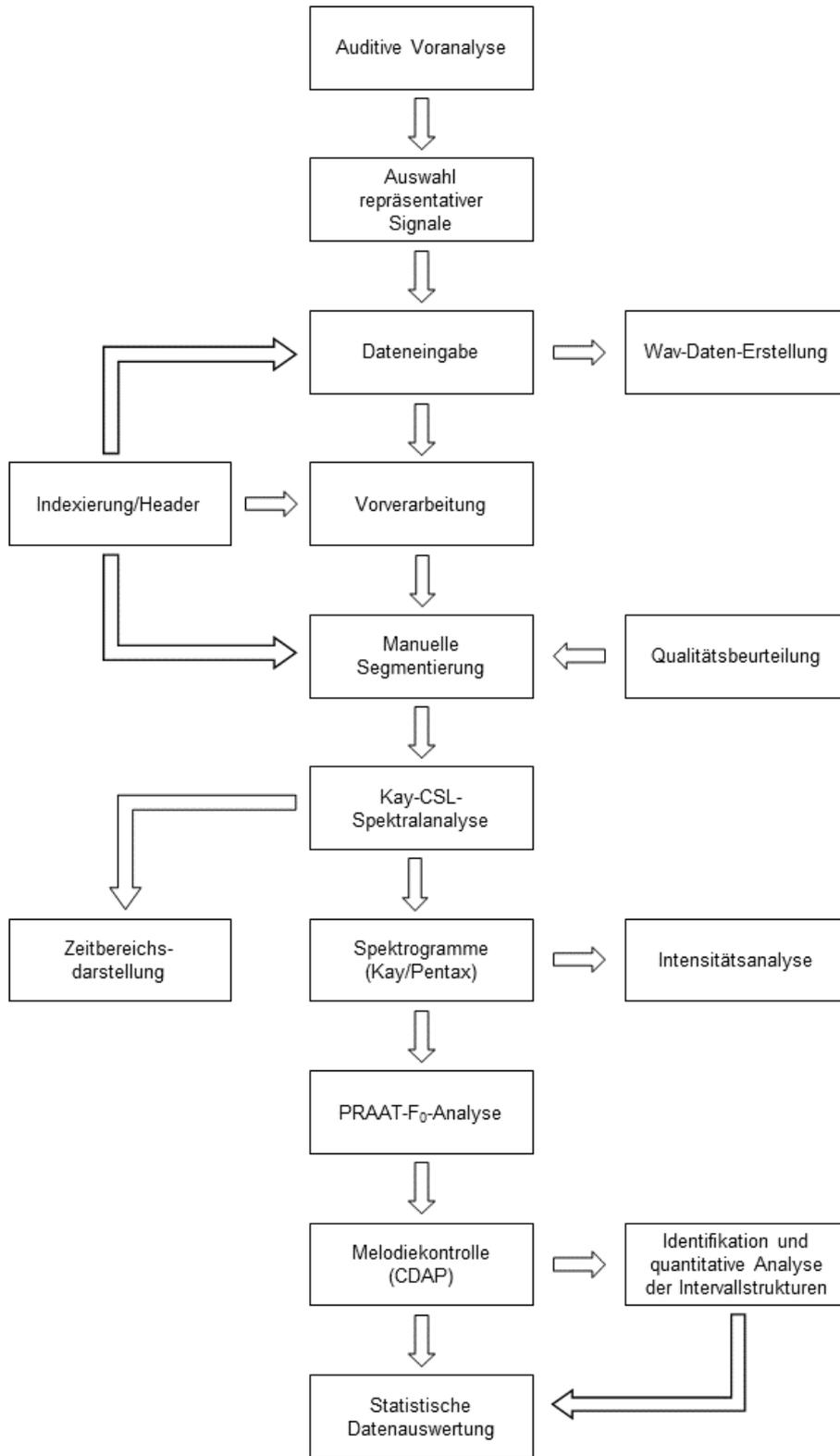


Abbildung 1: Bearbeitungsschritte zur Auswertung der Neugeborenenlaute (nach Wermke (2002) angepasst; mit Genehmigung der Autorin)

2.4.1 Dateneingabe und Signalsegmentierung

Soweit die Aufnahmen noch nicht im Computersystem eingelesen und segmentiert waren, wurde dies, wie nachfolgend beschrieben, von der Autorin selbst gemacht. Die digitalen Aufnahmen wurden in das Sprachanalysesystem CSL© 4400 (Computerized-Speech-Lab; Firma Kay PENTAX/ USA) eingelesen und hochgeladen. Zunächst wurden die Signallerien in Langserien (ca. 30 s) segmentiert und abgespeichert. Mittels manueller Cursorsetzung erfolgte anschließend die Markierung der einzelnen expiratorischen Laute, jeweils vor und nach einer Inspiration einschließlich des Lautes selbst. Leise Signale wurden verstärkt. Die auf diese Weise segmentierten Laute wurden nachfolgend als WAV-files abgespeichert und in einem Digitalisierungsprotokoll festgehalten, in dem sowohl das Digitalisierungsdatum als auch der Bearbeiter notiert wurden. Ebenfalls wurden im Protokoll spezielle Hinweise zur Aufnahme und Bemerkungen zu den einzelnen Lauten erfasst.

2.4.2 Spektralanalyse

Mithilfe des CSL©-Systems (Kay PENTAX/ USA) wurde von jedem einzelnen Laut automatisch ein Frequenzspektrogramm errechnet. Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt ein solches Spektrogramm, in dem der Frequenzverlauf eines Säuglingslautes über die Zeit dargestellt ist. Im unteren Fenster sind der Verlauf der Grundfrequenz (unterste Frequenzlinie) und deren Harmonische zu sehen. Dies sind die darüberliegenden Frequenzlinien, die einem ganzzahligen Vielfachen der Grundfrequenz entsprechen. Die Energiedichte der einzelnen Frequenzkomponenten wird mittels unterschiedlicher Graustufen im Spektrogramm codiert (schwarz entspricht der größten Energiedichte). Die Spektrogramme erlauben eine visuelle Identifizierung der im Laut vorkommenden phonatorischen Rauschbanden, Subharmonischen oder plötzlichen Frequenzsprüngen (Shifts). Solche für Neugeborenen schreie typische Phänomene können zu Artefakten bei der F_0 -Bestimmung führen (Fuamenya 2011). Solche Einzelschreie wurden daher hier identifiziert und ausgeschlossen (vgl. Kapitel 2.3).

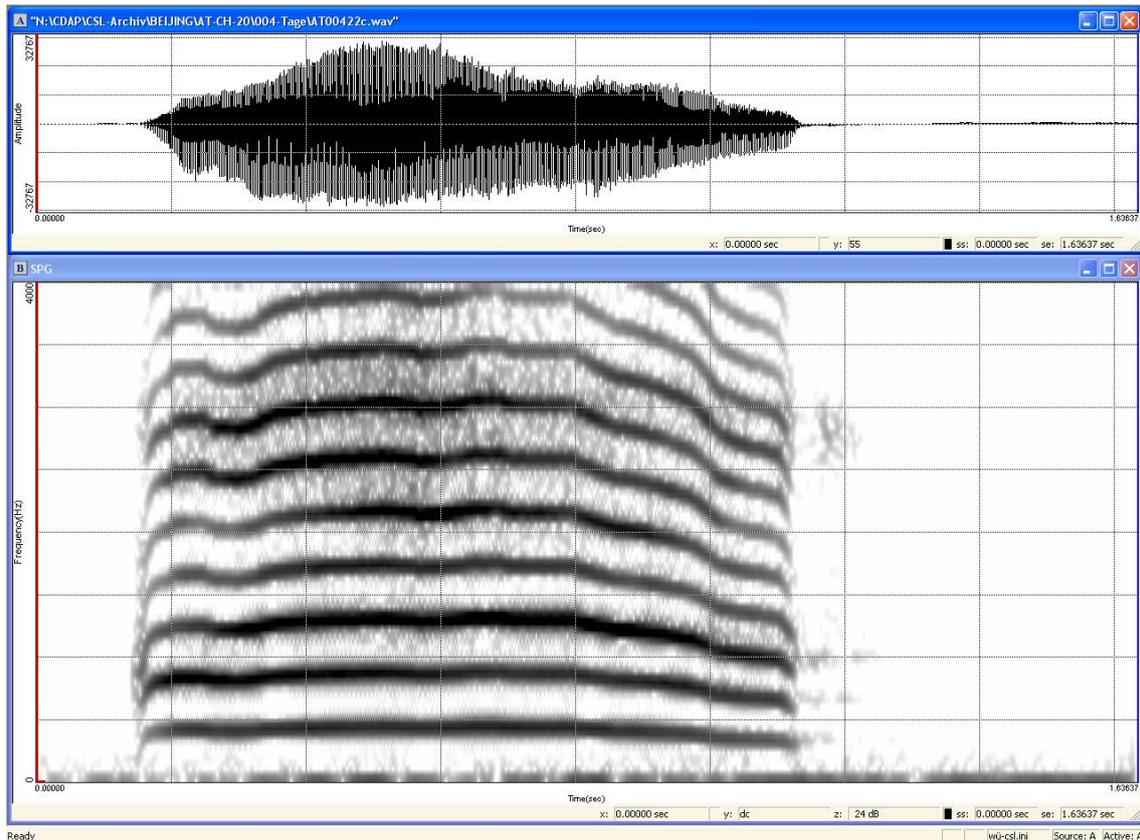


Abbildung 2: Schmalband-Frequenzspektrogramm eines mitigierten Säuglingsschreies (Kay-CSL©)

In dem abgebildeten Spektrogramm wird der Verlauf der Zeit auf der x-Achse in Sekunden dargestellt, auf der y-Achse die Frequenz linear im Bereich von 0-4 kHz. Die unterste Frequenzlinie entspricht der Grundfrequenz, alle darüber liegenden Frequenzlinien entsprechen den Harmonischen. Das obere Fenster zeigt das Zeitsignal.

Bevor die intervallartigen Strukturen vermessen werden konnten, mussten zunächst die einzelnen Signale vorselektiert werden. Dies geschah einerseits anhand der Frequenzspektren. In die quantitative Analyse wurden nur die Signale einbezogen, die eine klare Melodie zeigten. Kurzlaute (<300 ms) wurden anhand der Melodie-Intensitäts-Diagramme identifiziert und ebenfalls aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Als Kurzlaute wurden solche bezeichnet, die kürzer als 300 ms waren. Ebenfalls aus der Analyse ausgeschlossen wurden Kurzlaut-Serien, in denen keine Einatmung zwischen einzelnen Kurzlauten erfolgte. Das genaue Vorgehen wird im Folgenden erläutert.

In den folgenden Abbildungen (Abbildung 3 und Abbildung 4) wurden beispielhaft ein phonatorisch verrauschtes Signal und ein Signal mit einem Shift (Frequenzsprung) dargestellt.

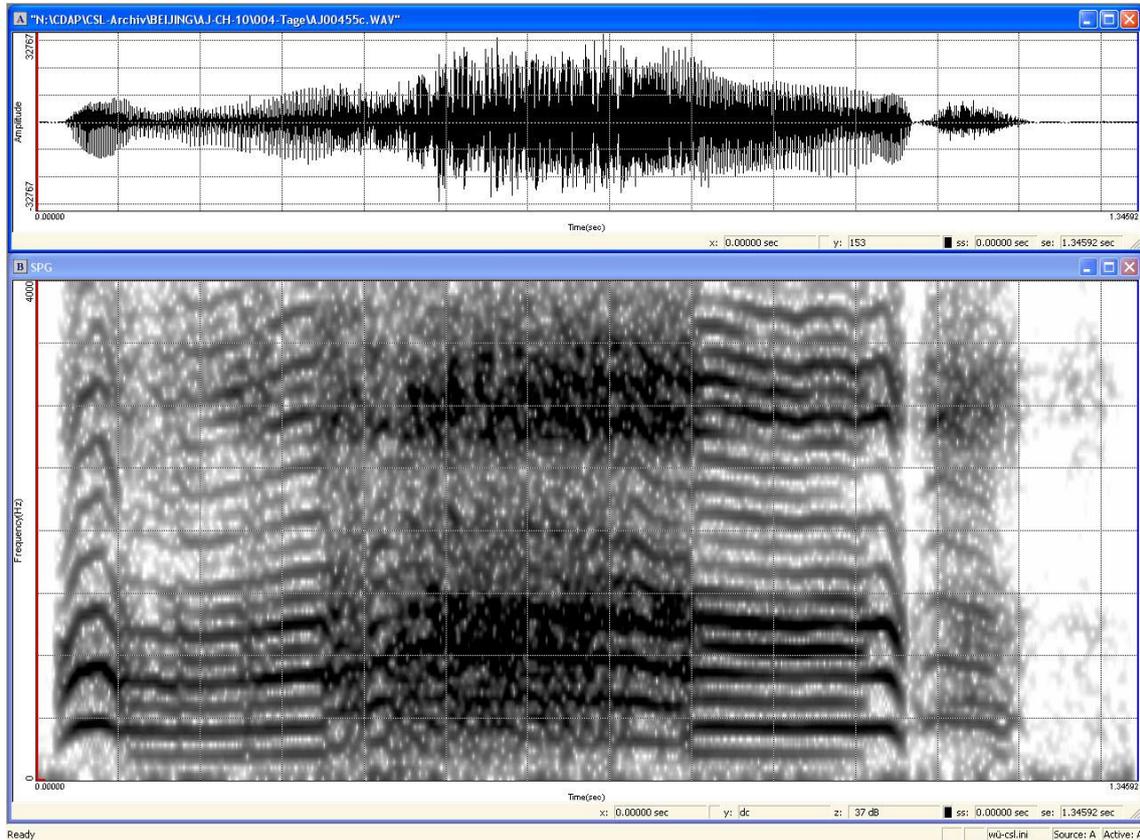


Abbildung 3: Spektrogramm eines Säuglingsschreies mit phonatorischer Rauschbande im zentralen Teil (Kay-CSL©)

Das Frequenzspektrogramm (Abbildung 3) zeigt deutlich eine Rauschbande, die sich über die Mitte des Signals erstreckt. Der Melodieverlauf ist an dieser Stelle nicht mehr eindeutig erkennbar (F_0 nicht definiert). Rauschbanden können auch nur am Anfang und/oder am Ende eines Signals auftreten oder sich über die gesamte Länge des Signals erstrecken. Sie entstehen durch nicht-lineare Phänomene im Schwingungsverhalten der Stimmlippen (Mende et al. 1990a).

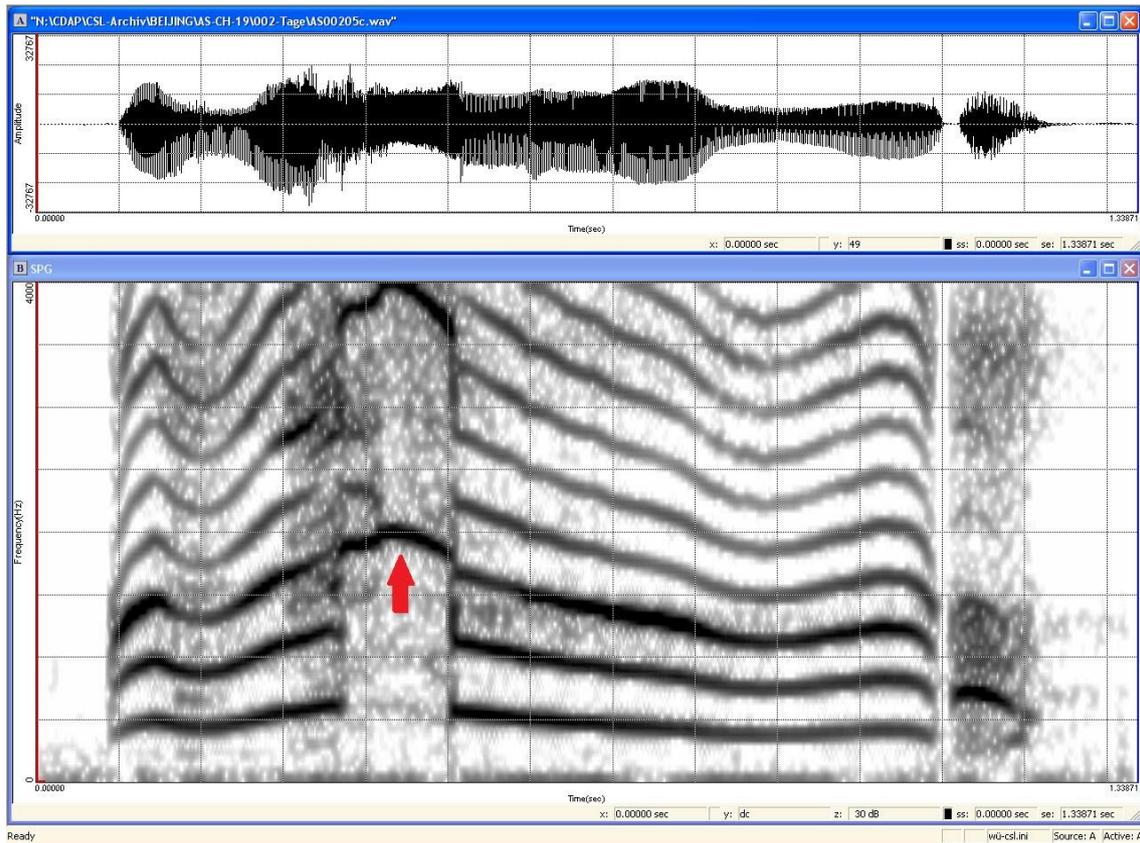


Abbildung 4: Spektrogramm eines Säuglingsschreies mit plötzlichem Frequenzsprung (Kay-CSL©)

Plötzlich auftretende Frequenzsprünge, sogenannte Shifts, reflektieren eine laryngeale Instabilität. Kennzeichnend ist der Sprung in Frequenzbereiche über 1000 Hz. In Abbildung 4 markiert der rote Pfeil den deutlich hörbaren Sprung des Grundfrequenzverlaufes bis auf 2000 Hz. Der Melodieverlauf vor und nach dem Frequenzsprung befindet sich auf normaler Tonhöhe (200-700 Hz). Auch solche Phänomene wurden identifiziert und die entsprechenden Laute von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

2.4.3 Ermittlung des Grundfrequenzverlaufs

Mit Hilfe der open-source Software Praat© (Boersma und Weenink 2014), die eine Standardsoftware in der Linguistik ist, wurden sowohl die mittlere Grundfrequenz (F_0), als auch der Melodie- und Intensitätsverlauf von F_0 automatisch berechnet. Das verwendete Skript wurde von Prochnow (2013) im Rahmen ihrer Dissertation am ZVES erstellt. Nachfolgend wurde der berechnete Melodieverlauf ins CDAP©-System übertragen und für jeden einzelnen Laut mit den Frequenzspektren des CSL©-Systems verglichen, um mögliche Fehler der automatischen Routine zu finden. Bei Nichtübereinstimmung des Melodieverlaufs mit den Spektren wurde dieser ebenfalls mithilfe des Analyseprogramms Praat© manuell nachbearbeitet.

Die weitere Nachbearbeitung (Tiefpassfilterung) zur Glättung der Einzelsignale erfolgte mit dem speziell zur Analyse von Säuglingsschreien entwickelten Programm CDAP© (Cry-Data-Analysis-Program) der Firma „pw-project“. Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, ermöglicht das Programm CDAP© darüber hinaus die grafische Darstellung des Melodieverlaufs und der dazugehörigen Intensitätskontur. Auf der x-Achse wird der zeitlich Verlauf in Sekunden, auf der z-Achse die Intensität [dB] wiedergegeben, die y-Achse stellt die Frequenz in Hertz dar.

Die vor bzw. nach einem Laut auftretenden Inspirationen wurden gelöscht und die Melodie anschließend durch eine Tiefpassfilterung von ca. 40 Hz geglättet. In Abbildung 5 ist der Verlauf der gefilterten Grundfrequenz blau (unterer Graph), die Intensitätskontur pink (oberer Graph) dargestellt. Ebenfalls im Diagramm zu erkennen sind orangefarbene Linien entlang des unteren Graphen. Sie zeigen den Verlauf der Grundfrequenz-Daten vor der Filterung. Die Beschriftung des Diagramms ist im CDAP© auf Englisch; entsprechend sind alle hier abgebildeten Diagramme zu lesen.

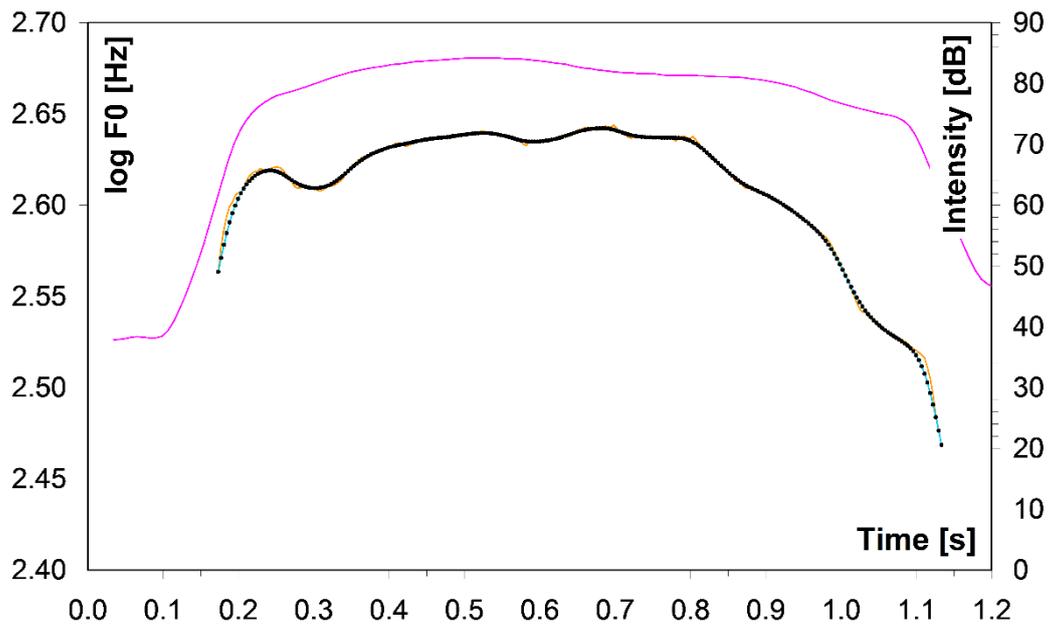


Abbildung 5: Melodie-Intensitätsdiagramm eines Säuglingsschreies (CDAP©)

Zusätzlich ermöglicht das Programm die quantitative Analyse der Melodien der Einzelsignale mittels manueller Cursorsetzung an Beginn und Ende eines Melodiebogens. Auf diese Weise können Messgrößen wie z.B. die Bogenlänge, die maximalen und minimalen Werte des Grundfrequenzverlaufs und der Intensität, sowie der Frequenzhub erfasst werden. Die im CDAP© für die durch Cursor markierten Abschnitte errechneten Daten werden automatisch in Excel©-Tabellen archiviert und konnten somit direkt für die statistische Analyse herangezogen werden.

2.5 Spezifische Datenanalyse - Intervallanalyse

Ziel der spezifischen finalen Analyse war es, neben anderen Besonderheiten, die von Feng (laufende Dissertation) beschriebenen „treppenartigen“ Phänomene in den Melodiebögen von Einzellautschreien chinesischer Neugeborener quantitativ zu charakterisieren. Die „Treppenphänomene“ sind Ausdruck der Intervallstrukturen im F_0 -Verlauf (Melodie), die von Weigl (2012) erstmalig objektiv bei Säuglingen der 2. Lebenswoche analysiert wurden. In der vorliegenden Arbeit wurde Weigels Ansatz erweitert und methodisch präzisiert (vgl. Kapitel 2.5.2).

Für die Intervallvermessung gibt es im CDAP©-System eine spezifische Messmethode. Die interaktive Vermessung aller identifizierten Intervalle erfolgte durch die Verfasserin mithilfe des von P. Wermke entwickelten Software-Tools, einer Erweiterung des CDAP©-Programms. Die Anwendung der Methode auf Neugeborenenlaute wurde von der Autorin vorliegender Arbeit in Zusammenarbeit mit Stephan (2016) und der Leiterin des Zentrums für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen, Frau Prof. Dr. K. Wermke, erarbeitet. Dies ist nachfolgend ausführlich beschrieben.

2.5.1 Definition des Begriffs „Intervall“

In der vorliegenden Arbeit wurden intervallartige Strukturelemente (Intervallstrukturen) in Melodien (F_0 -Verläufen) von Säuglingslauten identifiziert, die wie folgt definiert waren: Eine Intervallstruktur besteht aus drei Elementen, (1) einem vorderen Plateau, (2) einem Übergang und (3) einem hinteren Plateau (vgl. Abbildung 6). Die beiden Plateaus, jeweils am Anfang und am Ende, sind durch eine relativ geringe Frequenzmodulation gekennzeichnet, die Frequenz bleibt somit über eine gewisse Zeit relativ konstant. Der Übergang zwischen diesen Plateaus wiederum zeichnet sich durch eine stärkere Frequenzmodulation aus. Hier ändert sich folglich die Frequenz innerhalb kürzester Zeit. In Abbildung 6 ist eine solche Intervallstruktur dargestellt.

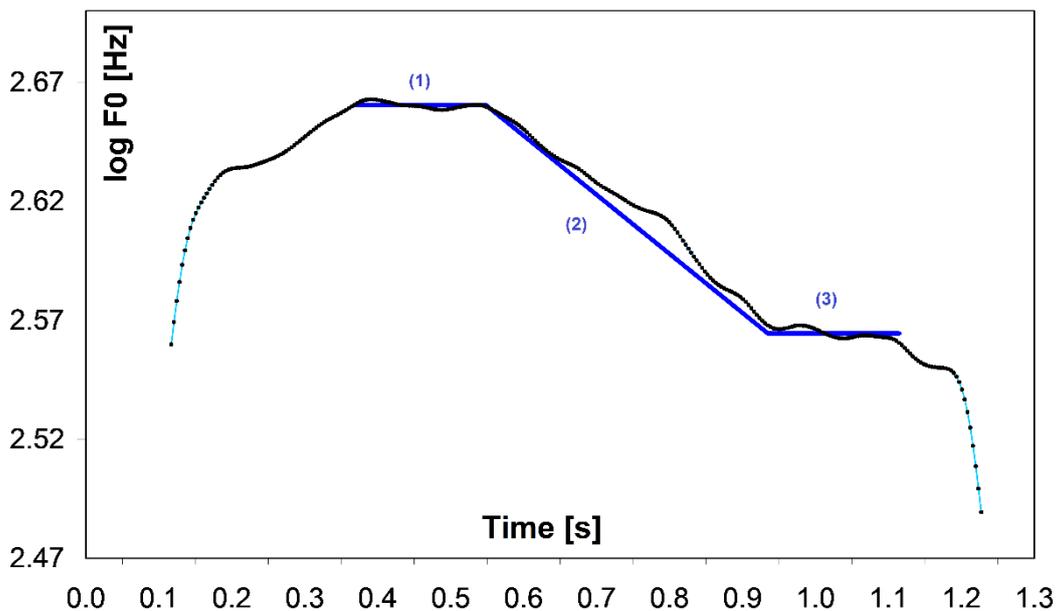


Abbildung 6: Beispiel einer Intervallstruktur (CDAP©)

War es möglich innerhalb eines Melodiebogens zwei oder mehrere Intervalle zu identifizieren und vermessen, wurde jedes Intervall einzeln vermessen. Teilweise schloss sich an das erste Intervall gleich ein zweites an. Abbildung 7 zeigt ein Beispiel einer zusammenhängenden Intervall-2-Struktur. In diesem Fall entsprach das hintere Plateau des ersten Intervalls gleichzeitig dem vorderen Plateau des zweiten Intervalls. In der späteren Auswertung wurde jedes dieser beiden Intervalle separat betrachtet.

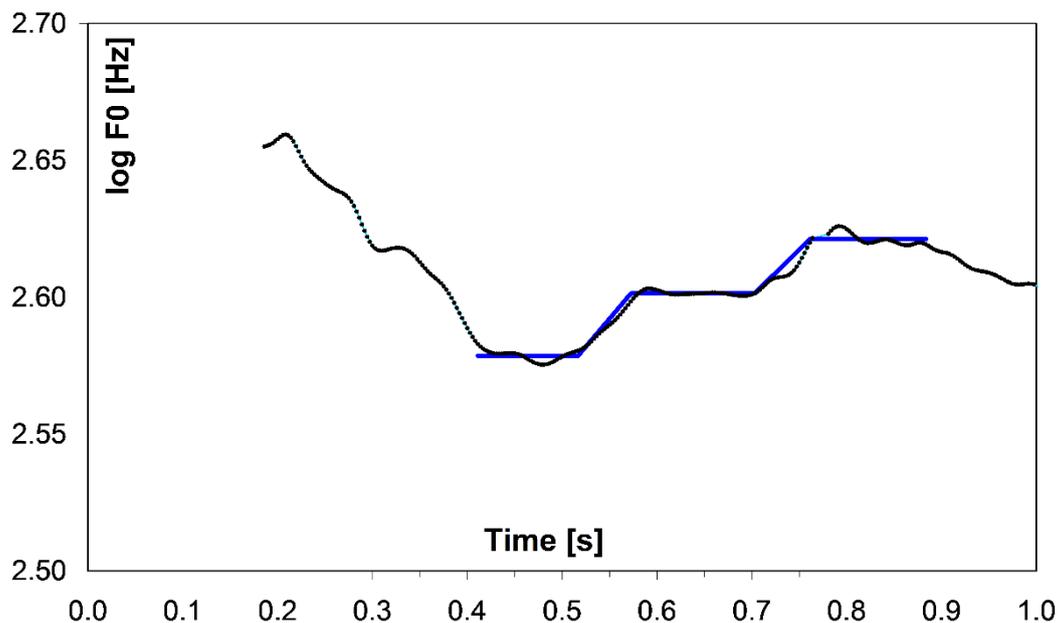


Abbildung 7: Beispiel einer zusammenhängenden Intervall-2-Struktur (CDAP©)

In Abbildung 8 sind in dem Melodie-Diagramm ebenfalls zwei Intervalle zu erkennen. Allerdings sind diese nicht unmittelbar aufeinanderfolgend, das bedeutet, dass sie sich nicht, wie in dem zuvor beschriebenen Fall, ein Plateau teilen, sondern, dass jedes ein „eigenes“ vorderes und hinteres Plateau besitzt.

In den Bereichen von Abbildung 7 und Abbildung 8, in denen keine Intervalle eingezeichnet sind, ist der Melodieverlauf ebenfalls durch schnelles Wechseln der Tonhöhe charakterisiert. Dies wird nicht als Abfolge vieler Intervalle gewertet. Die Kriterien für das Identifizieren eines Intervalls werden im folgenden Unterkapitel definiert.

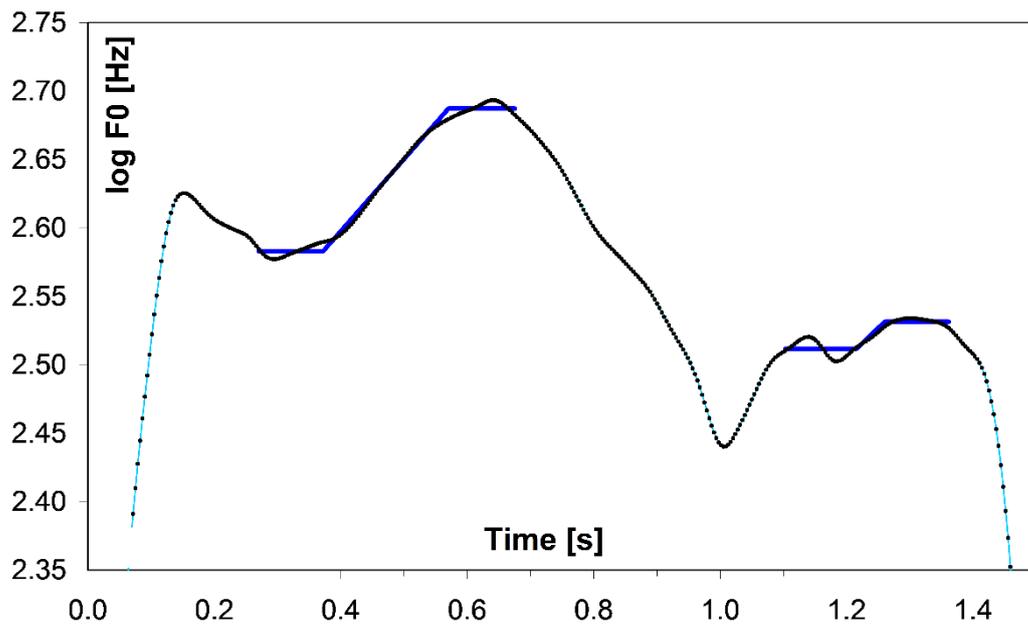


Abbildung 8: Beispiel einer aufgeteilten Intervall-2-Struktur (CDAP©)

Für die spätere statistische Analyse wurden die Intervalle zusätzlich anhand ihrer Richtung (steigend vs. fallend) unterteilt. Steigend war ein Intervall, wenn das hintere Plateau einen höheren F_0 -Mittelwert aufwies als das vordere, entsprechend einer nach oben verlaufenden Stufe, wie in Abbildung 7 dargestellt. Ein fallendes Intervall wurde als solches bezeichnet, wenn das vordere Plateau einen höheren F_0 -Mittelwert aufwies als das hintere, entsprechend einer nach unten verlaufenden Stufe. Nach Identifizierung der Intervallstrukturen wurden diese anhand von zuvor getesteten Kriterien verifiziert, bevor sie für die finale quantitative Analyse ausgewählt und vermessen wurden. Dies ist im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

2.5.2 Messkriterien und Intervallvermessung

Für die Identifizierung eines Intervalls innerhalb eines Melodiebogens, mussten folgende Kriterien erfüllt werden:

Tabelle 4: Messkriterien für die Intervallvermessung

- Länge jedes einzelnen Plateaus mindestens 100 ms
- Plateauvariabilität $\leq \frac{1}{4}$ Ton, d.h. die F_0 -Abweichung um das ermittelte Plateau, darf weder nach oben noch nach unten mehr als $\frac{1}{4}$ Ton betragen
- Bei spitzen Bögen wird $\frac{1}{4}$ Ton von F_{\max} abgezogen und auf dieser Höhe das Plateau eingezeichnet, sofern es 100 ms beträgt (Abbildung 9)
- Der Übergang ist durch keine zeitliche Länge beschränkt
- Sowohl der zeitliche als auch der Frequenzabstand zwischen den zwei Plateaus eines Intervalls ist nicht festgelegt

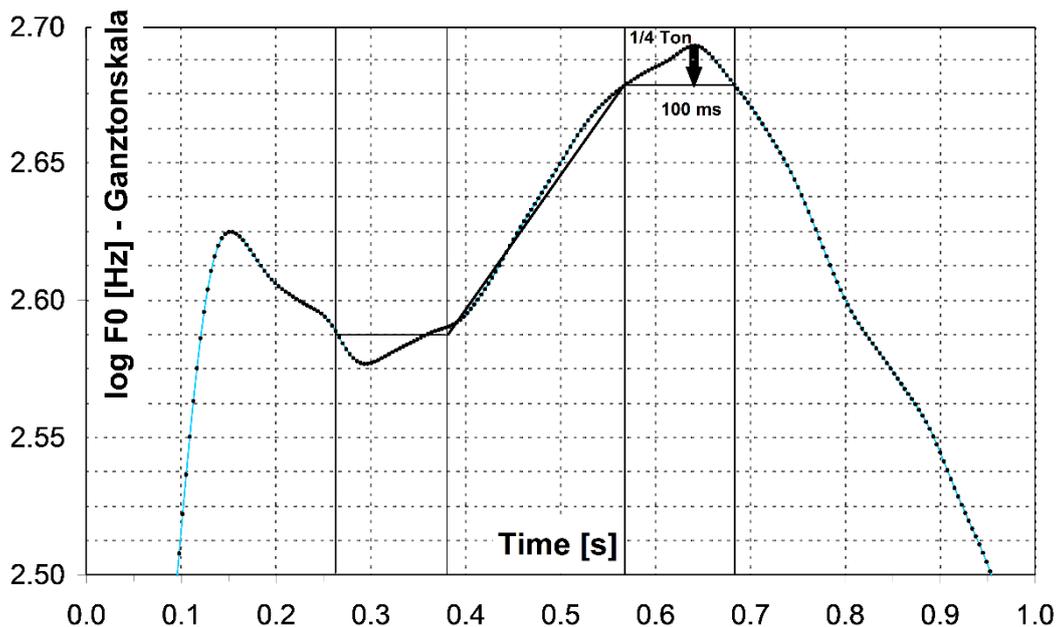


Abbildung 9: Plateauzeichnung bei spitzen Bögen (CDAP©)

Zur Vermessung der Intervalle wurden mittels manueller Cursorsetzung die Messpunkte jeweils zu vier Zeitpunkten bestimmt und so das Intervall festgelegt (Abbildung 9). Der erste gesetzte Cursor entsprach dem Anfangspunkt des ersten Plateaus, der zweite dem Endpunkt des ersten Plateaus und gleichzeitig dem Anfangspunkt des Übergangs. Der dritte Cursor wurde an den Endpunkt des Übergangs gesetzt, der auch gleichzeitig der Anfangspunkt des zweiten Plateaus

war. Der Endpunkt des zweiten Plateaus wurde durch den vierten Cursor markiert. Dadurch war es möglich, sowohl die Längen der Plateaus und des Übergangs, als auch die mittlere Grundfrequenz F_0 innerhalb der Plateaus zu berechnen.

2.5.3 Vermessung der Melodietypen II, IIIa und IIIb

Melodiebögen innerhalb derer keine Intervalle vermessen werden konnten, die aber dennoch ein Plateau aufwiesen, wurden separat kategorisiert. Hierbei handelte es sich um die von Wermke (2002) beschriebenen Grundmelodietypen II (Abbildung 10), IIIa (Abbildung 11) und IIIb (Abbildung 12). Wie in den Abbildungen zu sehen ist, sind diese Melodietypen nur jeweils durch ein einziges Plateau gekennzeichnet. Sie entsprechen keinen Intervallen. Bei diesen Melodietypen wurden nur die Plateaus mittels Cursorsetzung und Verwendung des CDAP©-Boma-Moduls vermessen. Dabei wurden die Cursor jeweils am Anfang und am Ende des Plateaus gesetzt. Dadurch konnten die Länge und die mittlere Grundfrequenz F_0 des Plateaus berechnet werden.

Der Grundmelodietyp II (Wermke 2002) zeichnet sich, wie in Abbildung 10 zu sehen, durch einen Melodiebogen mit einer plateauförmigen Abflachung aus. Das Plateau weist, genau wie bei den Intervallplateaus, eine relative Frequenzstabilität auf. Vor Erreichen dieses Plateaus ist der Melodietyp II durch eine kurze Anstiegsphase charakterisiert. Anschließend an das Plateau folgt eine kurze Abstiegsphase. Es existiert kein weiteres Plateau in diesen Melodien.

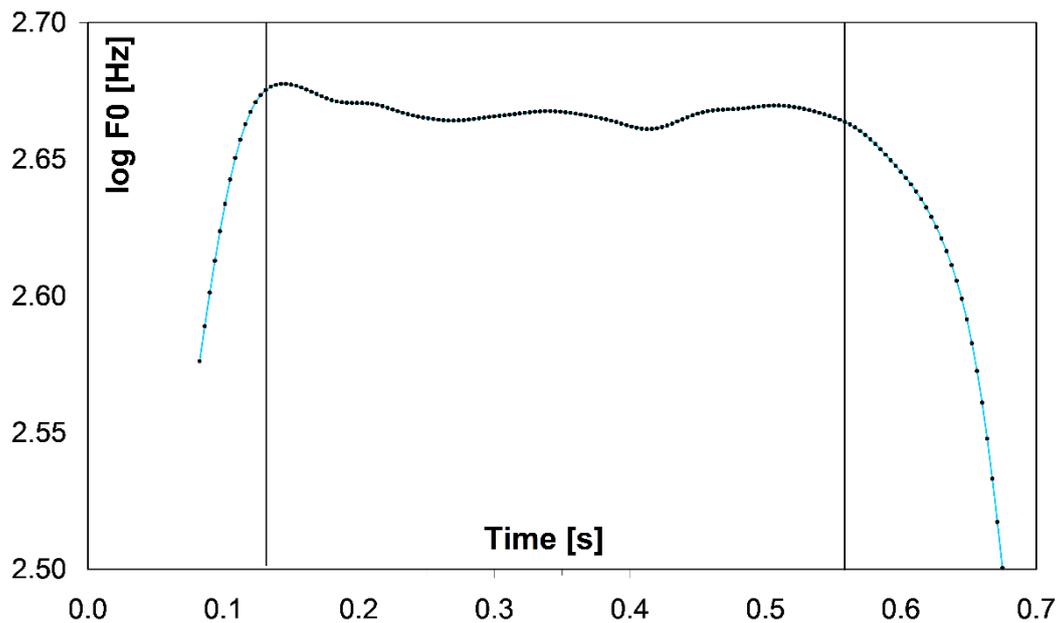


Abbildung 10: Melodietyp II (CDAP©)

Die beiden Melodietypen IIIa und IIIb (Abbildung 11 und Abbildung 12) zeigen beide in ihrem Melodieverlauf jeweils einen Bogen und ein Plateau. Laut Wermke (2002) stellen die beiden Melodietypen eine Sonderform der komplexen 2-Bogen-Melodiestructuren dar. Der erste Melodietyp (IIIa) ist durch einen Bogen gekennzeichnet, auf den ein Plateau (Melodietyp II) folgt. Der zweite Melodietyp (IIIb) stellt dessen Spiegelbild dar: Auf ein anfänglich auftretendes Plateau (Melodietyp II) folgt ein Melodiebogen.

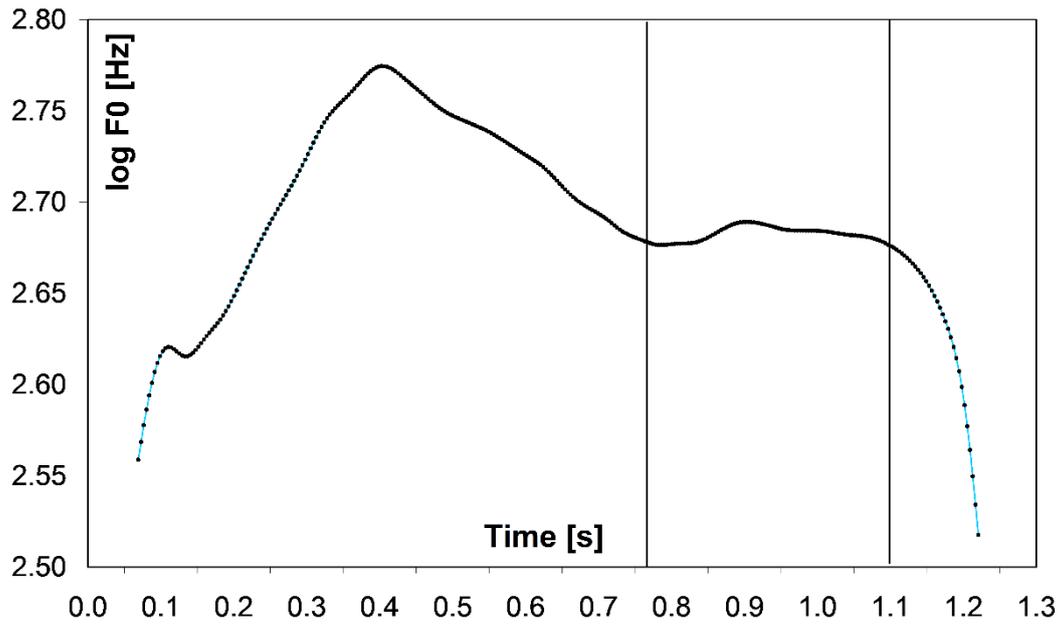


Abbildung 11: Melodietyp IIIa (CDAP©)

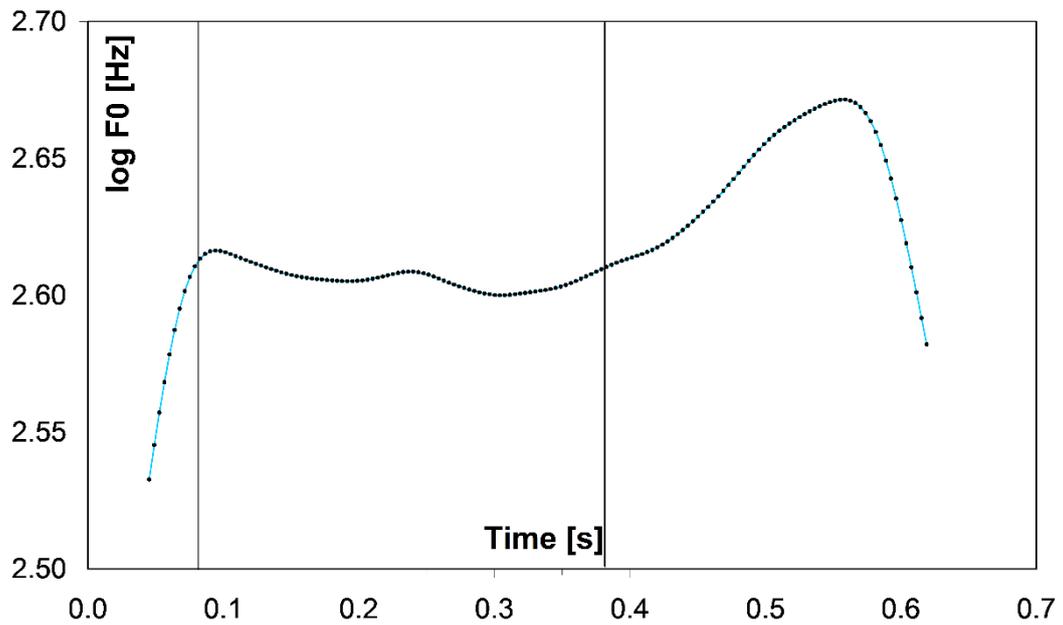


Abbildung 12: Melodietyp IIIb (CDAP©)

2.5.4 Berechnung der Tonhöhenverhältnisse

Die Berechnung der Tonhöhenverhältnisse (Frequenzverhältnisse) der vermessenen Intervalle wurde mithilfe der geometrischen F_0 -Mittelwerte berechnet. Für die steigenden Intervalle wurde der Quotient (q_s) aus dem geometrischen F_0 -Mittelwert des hinteren Plateaus ($gMWF0H$) und dem des vorderen Plateaus ($gMWF0V$) gebildet (vgl. erste Gleichung aus Formel 1). Für die fallenden Intervalle der Quotient (q_f) aus den geometrischen F_0 -Mittelwerten von vorderem und hinterem Plateau (vgl. zweite Gleichung aus Formel 1).

Formel 1: Berechnung der Frequenzverhältnisse für die steigenden und fallenden Intervalle

$$q_s = \frac{gMWF0H}{gMWF0V} \qquad q_f = \frac{gMWF0V}{gMWF0H}$$

Das Kategorisieren in Form musikalischer Intervalle (Prime bis Oktave) erfolgte wie auch schon bei Weigl (2012) unter Verwendung der gleichmäßig temperierten Stimmung. Dazu wurde die Oktave in zwölf gleich große Halbtonschritte unterteilt. Die mathematische Formel hierfür lautet wie folgt:

Formel 2: Berechnung der Frequenzverhältnisse in der gleichmäßig temperierten Stimmung

$$q = (\sqrt[12]{2})^n, \quad \text{für } n=0, \dots, 12.$$

Die zwölfte Wurzel aus zwei entspricht genau dem Frequenzverhältnis eines Halbtons ($\approx 1,0595$). Logarithmiert man diesen Wert, erhält man den Wert $\approx 0,025$, der dem Skalierungsabstand des CDAP© Computersystems entspricht. Um in der späteren Auswertung die Tonhöhenverhältnisse lückenlos definieren zu können, wurden die Kategoriengrenzen mithilfe folgender Formel berechnet:

Formel 3: Berechnung der Kategoriengrenzen

$$b = (\sqrt[12]{2})^{n+0,5}, \quad \text{für } n=0, \dots, 12.$$

Die Formel wurde hier um 0,5 erweitert. Dadurch wurde das Frequenzverhältnis jeweils zwischen zwei Halbtönen berechnet. „Dies entspricht einer genauen Approximation an die natürlichen Töne, was bedeutet, dass sowohl die Intervalle der reinen Stimmung als auch diejenigen der gleichmäßig temperierten Stimmung innerhalb der jeweiligen Intervallgrenzen liegen.“ (Weigl 2012). Somit ergaben sich für jede der dreizehn Tonhöhenverhältnisse eine obere und eine untere Grenze. Die folgende Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Frequenzverhältnisse in der gleichmäßig temperierten Stimmung.

Tabelle 5: Übersicht über die Frequenzverhältnisse in der gleichmäßig temperierten Stimmung und der hier verwendeten Kategoriengrenzen

Tonhöhenverhältnis	Halbtöne [N]	Frequenzverhältnis q	Kategoriengrenze b
Prime	0	1	1,0293
Kleine Sekunde	1	1,0595	1,0905
Große Sekunde	2	1,1225	1,1553
Kleine Terz	3	1,1892	1,2241
Große Terz	4	1,2599	1,2968
Quarte	5	1,3348	1,3740
Verminderte Quinte	6	1,4142	1,4557
Quinte	7	1,4983	1,5422
Kleine Sexte	8	1,5874	1,6339
Große Sexte	9	1,6818	1,7311
Kleine Septime	10	1,7818	1,8340
Große Septime	11	1,8877	1,9431
Oktave	12	2	2,0586

Die Kategoriengrenzen der kleinen Sekunde liegen beispielsweise bei 1,0293 und 1,0905, die der großen Sekunde bei 1,0906 und 1,1553 usw. Einzige Ausnahme bildet die Prime. Ihre untere Kategoriengrenze liegt bei 1.

2.6 Reliabilität der Messgenauigkeit

Um die Fehlergrenzen der hier verwendeten Messmethode zu bestimmen, wurde eine zufällige Untergruppenstichprobe gezogen und diese sowohl von der Autorin vorliegender Arbeit, als auch von einer zweiten, die Messmethode sehr gut beherrschenden Person vermessen. Dazu wurde der Datensatz verblendet, das heißt, die bereits eingezeichneten Intervalle wurden unkenntlich gemacht.

2.6.1 Blindvergleich zwischen zwei Testern

Für den sogenannten Blindvergleich erfolgte eine zweite Vermessung der Untergruppenstichprobe, bestehend aus 6 zufällig gewählten und den Testern vorgegebenen Probanden und deren Lautäußerungen. Die zweite Testperson war Stephan (2016), die dieselbe Untersuchungsmethode an Lauten deutscher Neugeborener angewendet hat und daher mit der Messmethode gut vertraut war. Die Autorin vorliegender Arbeit hat diese Kontrollvermessung ebenfalls bei einer zufällig gewählten, ebenfalls aus 6 Probanden bestehenden Untergruppenstichprobe der deutschen Probandengruppe durchgeführt. Somit war es möglich, die Intervalle beider Tester zu vergleichen und die Genauigkeit der gesetzten Cursor zu überprüfen.

Das Ergebnis des Blindvergleichs zwischen den beiden Testern ist im nachfolgenden Diagramm (Abbildung 13) dargestellt. Die Differenz der Intervalllängen [s] wurde in Abhängigkeit von dem prozentualen Anteil an den gesamten Messungen dargestellt.

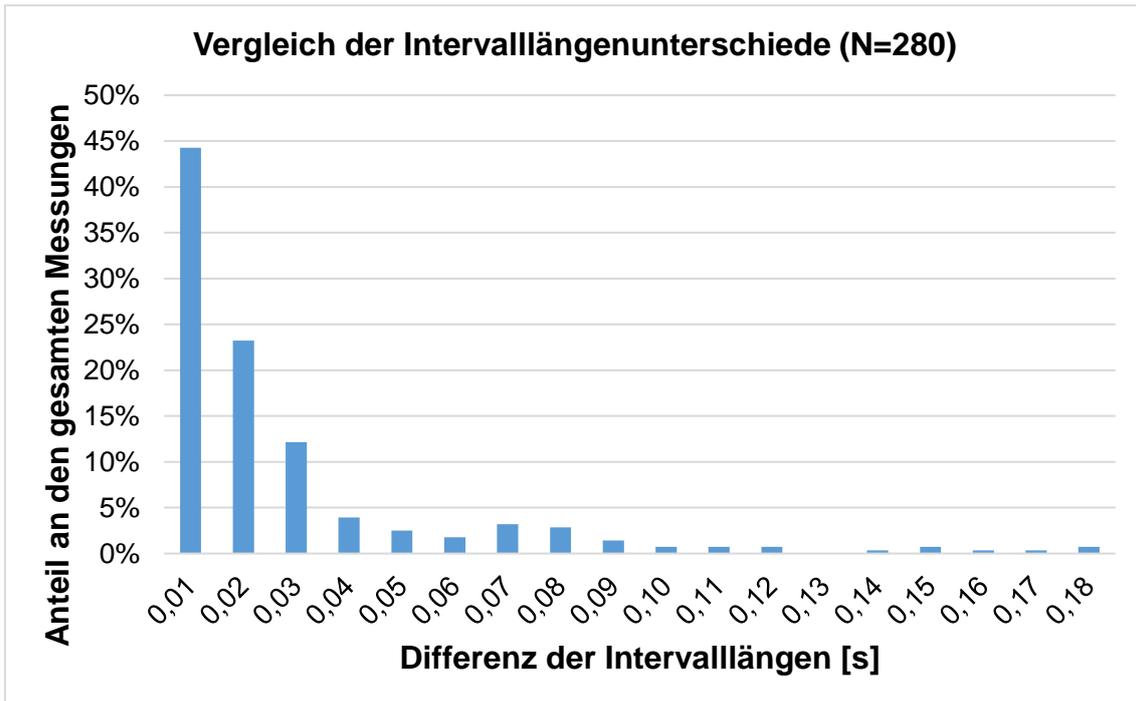


Abbildung 13: Vergleich der Intervalllängenunterschiede - Blindvergleich

Der kleinste Messfehler (0,01 s) trat bei einem Anteil von ca. 45 % der Messungen auf. Etwa 1 % der Messungen zeigte die höchste Messungengenauigkeit von 0,18 s auf. Der Mittelwert lag bei 29 ms, die Standardabweichung bei ± 31 ms. Betrachtet man die Verteilung der Messfehler im Balkendiagramm, entsprechen diese einer Hyperbel. Die Ergebnisse des Blindvergleichs zeigen die hohe Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bei Verwendung der in Kapitel 2.5.2 beschriebenen neuen Messkriterien.

2.6.2 Eigenkontrolle

Um die eigene Messgenauigkeit überprüfen zu können, hat die Autorin vorliegender Arbeit eine zweite Vermessung einer zufälligen Untergruppenstichprobe des chinesischen Probandenkollektivs verwendet. Diese entsprach der Stichprobe, die bereits von Sophia Stephan für den Blindvergleich (vgl. Kapitel 2.6.1) verwendet wurde. Das Ergebnis ist in dem nachfolgenden Diagramm (Abbildung 14) zu sehen. Die eigene Messgenauigkeit bei wiederholter Messung fiel deutlich besser aus, als die im Vergleich mit einer zweiten Person (Kapitel 2.6.1).

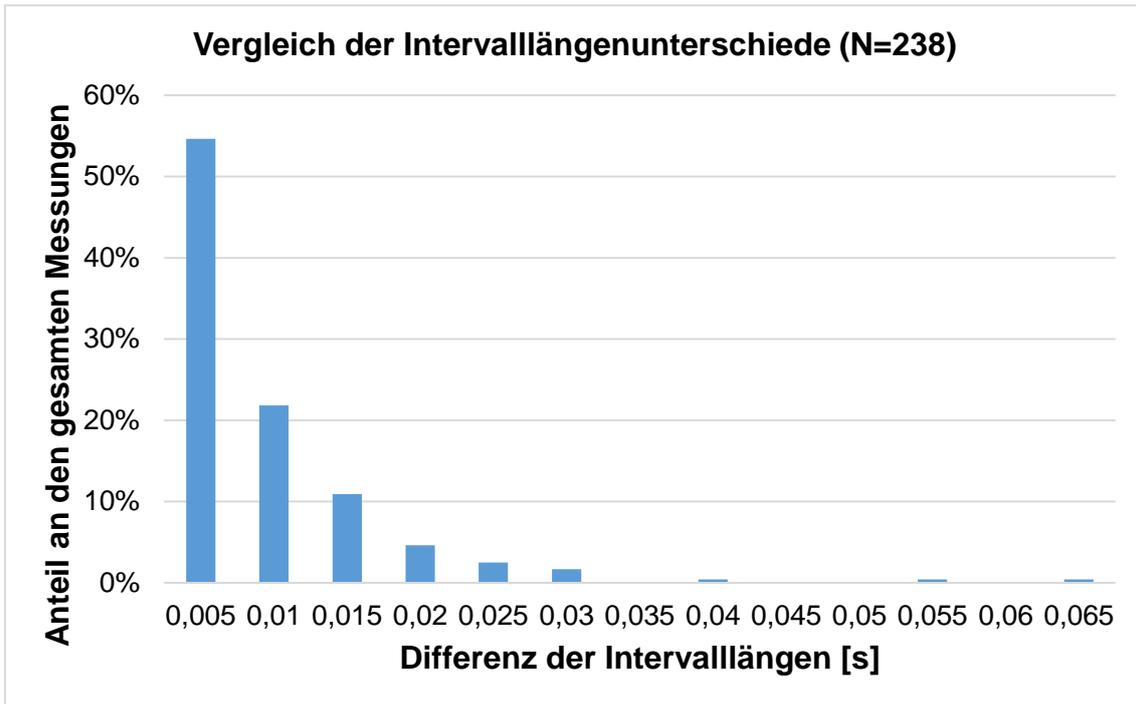


Abbildung 14: Vergleich der Intervalllängenunterschiede - Eigenkontrolle

Die Differenz der Intervalllängen [s] wurde in Abhängigkeit von dem prozentualen Anteil an den gesamten Messungen dargestellt. Der Mittelwert lag bei 10 ms, die Standardabweichung bei ± 8 ms. Bei ungefähr 55 % der gesamten Messungen der zufällig ausgewählten Untergruppenstichprobe lag die Messungengenauigkeit bei 5 ms. Die höchste Ungenauigkeit, d.h. Cursorpositionsunterschied betrug 65 ms und kam bei 1 % der Messungen vor. Zwischen diesen beiden Werten verteilen sich die Messfehler entsprechend einer Hyperbel. Die Ergebnisse der Eigenkontrolle lassen ebenfalls auf eine hohe Reproduzierbarkeit der Messergebnisse schließen.

2.7 Statistische Auswertung

Alle mittels des CDAP©-Systems errechneten Daten wurden automatisch in Excel©-Tabellen übernommen. Deren statistische Auswertung wurde mithilfe des Statistikprogramms IBM SPSS© Statistics 23 durchgeführt.

Verteilungseigenschaften einzelner Messgrößen wurden mit Hilfe explorativer und deskriptiver Datenanalyse ermittelt und grafisch in Histogrammen und Boxplots dargestellt. Für weitere grafische Darstellungen wurden Balkendiagramme herangezogen. Für jeden Balken wurde das dazugehörige Konfidenzintervall ermittelt. Das Konfidenzintervall wird auch Vertrauensintervall genannt und gibt den Bereich an, in dem sich der Mittelwert zu 95% befindet. Je größer die Stichprobe ist, desto kleiner wird das Konfidenzintervall und desto mehr nähert es sich dem Mittelwert an. Zusätzlich wurden für jede Messgröße statistische Größen wie der Mittelwert, die Standardabweichung, der Median, Minimum und Maximum errechnet.

Die hinreichende Normalverteilung der untersuchten Messgrößen wurde mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests überprüft. War die Normalverteilung hinreichend gegeben ($p \geq 0,05$), wurden für die weitere Analyse parametrische Tests (t-Test) angewendet. Bei unzureichender Normalverteilung ($p < 0,05$) kamen nichtparametrische Tests zur Anwendung, der Mann-Whitney-U-Test bei gepaarten und der Wilcoxon-Test bei ungepaarten Stichproben. Mittels dieser war es möglich zu beurteilen, ob zwei Stichproben hinsichtlich eines untersuchten Merkmals statistisch signifikante Unterschiede zeigten.

Die Häufigkeitsverteilung der Intervalle wurde in Boxplot-Diagrammen grafisch dargestellt. Die obere Begrenzung dieser Diagramme stellt die 75. Perzentile, die untere Begrenzung die 25. Perzentile dar. Die Länge der Box entspricht dem Interquartilsabstand und somit 50 % der gesamten Datenmenge. Das Minimum und Maximum der Werte sind durch die äußeren Markierungen, die sogenannten Whisker gekennzeichnet. Sind Ausreißer oder Extremwerte vorhanden, markieren diese auch die Werte des Minimums und des Maximums. Die Linie

innerhalb der Box stellt den Median dar. Die durch einen Kreis dargestellten sogenannten Ausreißer sind Werte, die zwischen 1,5 und 3 Boxlängen von der 25. bzw. 75. Perzentile entfernt liegen. Extremwerte werden durch Sterne dargestellt. Diese liegen mehr als drei Balkenlängen von der oberen oder der unteren Begrenzung der Box entfernt.

Die statistische Auswertung erfolgte einerseits auf kindbasierter und andererseits auf lautbasierter Ebene. Die Häufigkeitsverteilungen wurden anhand kindbasierter Daten durchgeführt, d.h. die Anzahl der Intervall- und der Melodietypstrukturen wurde pro Kind und nicht pro Laut ausgewertet. Die deskriptive Datenanalyse erfolgte sowohl über die gesamte Probandengruppe als auch geschlechtsspezifisch für Mädchen und Jungen.

Die Analyse zeitlicher Messgrößen und der Grundfrequenz F_0 erfolgte sowohl auf kindbasierter als auch auf lautbasierter Ebene. Auf lautbasierter Ebene wurden die Werte der zeitlichen Messgrößen und der Grundfrequenz F_0 pro Laut ausgewertet. Die deskriptive Datenanalyse erfolgte sowohl für alle Intervalle als auch spezifisch für steigende und fallende Intervalle (vgl. Kapitel 3.1.3). Die Parameter „Länge vorderes Plateau“, „Länge Übergang“ und „Länge hinteres Plateau“ wurden für die steigenden und fallenden Intervalle auf kindbasierter Ebene ausgewertet.

3 Ergebnisse

Für die vorliegende Arbeit wurden 3641 Lautäußerungen (Einzelschreie) 55 chinesischer Neugeborener quantitativ analysiert. Zielstellung war es, intervallartige Strukturen innerhalb der Melodiebögen zu identifizieren, diese zu analysieren und zu kategorisieren. In diesem Kapitel soll nun die statistische Auswertung der Signale erfolgen.

Die Darstellung der Häufigkeitsverteilung der identifizierten und vermessenen Intervalle erfolgt in Kapitel 3.1. Die Ergebnisse der Vermessung temporaler Größen (Länge der Plateaus und des Übergangs) und der Analyse der mittleren Grundfrequenz F_0 der beiden Plateaus werden in Kapitel 3.2 berichtet. Besonders häufig beobachtete Intervallstrukturen sind in Kapitel 6.1 beschrieben. Die Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb-Strukturen wurden hier nur bezüglich ihrer Häufigkeitsverteilungen untersucht.

3.1 Untersuchung von Häufigkeitsverteilungen

Zuerst werden die Verteilungen innerhalb des gesamten Probandenkollektivs berichtet. Anschließend werden die Ergebnisse einer gruppenspezifischen (männlich/weiblich) Analyse dargestellt. Die nachfolgende Analyse wurde anhand kindbasierter Daten durchgeführt.

Wie in Kapitel 2.3 erklärt, konnte von den ursprünglich 5453 Lauten eine Anzahl von 3641 Einzellauten, 1972 von den männlichen Probanden und 1669 von den weiblichen Probanden, in die Analyse einbezogen werden. In diesen 3641 geeignet analysierbaren Signalen konnten 2822 Intervalle identifiziert und vermessen werden, 1288 bei den männlichen und 1534 bei den weiblichen Probanden.

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind alle Ergebnisse der Intervallidentifikation aufgeführt. Ebenfalls aufgelistet sind das Geschlecht des Kindes und die Anzahl der identifizierten Laute mit Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb-Strukturen.

In den Unterkapiteln 3.1.1, 3.1.2 und 3.1.3 erfolgt die gemittelte bzw. aufgeschlüsselte Darstellung für bestimmte Untergruppen in Tabellen und Grafiken.

Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung der Intervall- und Melodietypstrukturen in Abhängigkeit von der Anzahl der analysierten Laute pro Kind

Kind	Geschlecht	Alter	analysierte Laute	0 Intervalle [N (%)]	1 Intervall [N (%)]	2 Intervalle [N (%)]	3 Intervalle [N (%)]	≥4 Intervalle [N (%)]	Melodietyp II [N (%)]	Melodietyp IIIa [N (%)]	Melodietyp IIIb [N (%)]
1	männlich	3	55	11 (20,00)	23 (41,82)	13 (23,64)	3 (5,45)	4 (7,27)	2 (3,64)	0 (0,00)	0 (0,00)
2	weiblich	3	51	8 (15,69)	31 (60,78)	3 (5,88)	4 (7,84)	0 (0,00)	7 (13,73)	0 (0,00)	0 (0,00)
3	männlich	4	48	38 (79,17)	6 (12,50)	2 (4,17)	0 (0,00)	0 (0,00)	2 (4,17)	0 (0,00)	0 (0,00)
4	weiblich	5	39	17 (43,59)	9 (23,08)	6 (15,38)	1 (2,56)	0 (0,00)	7 (17,95)	0 (0,00)	1 (2,56)
5	weiblich	2&3	45	18 (40,00)	17 (37,78)	3 (6,67)	0 (0,00)	0 (0,00)	7 (15,56)	0 (0,00)	0 (0,00)
6	männlich	4	48	21 (43,75)	19 (39,58)	2 (4,17)	0 (0,00)	0 (0,00)	5 (10,42)	0 (0,00)	1 (2,08)
7	weiblich	5	30	9 (30,00)	13 (43,33)	4 (13,33)	0 (0,00)	1 (3,33)	3 (10,00)	1 (3,33)	0 (0,00)
8	männlich	4&5	89	22 (24,72)	31 (34,83)	6 (6,74)	1 (1,12)	2 (2,25)	25 (28,09)	2 (2,25)	0 (0,00)
9	weiblich	4&5	63	26 (41,27)	26 (41,27)	6 (9,52)	1 (1,59)	0 (0,00)	2 (3,17)	2 (3,17)	1 (1,59)

Ergebnisse

10	weiblich	3	45	13 (28,89)	20 (44,44)	7 (15,56)	4 (8,89)	1 (2,22)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
11	männlich	1&2	92	26 (28,26)	33 (35,87)	18 (19,57)	10 (10,87)	4 (4,35)	0 (0,00)	1 (1,09)	0 (0,00)
12	weiblich	2	17	4 (23,53)	3 (17,65)	3 (17,65)	4 (23,53)	1 (5,88)	2 (11,76)	0 (0,00)	0 (0,00)
13	männlich	4	26	9 (34,62)	12 (46,15)	3 (11,54)	0 (0,00)	0 (0,00)	1 (3,85)	1 (3,85)	0 (0,00)
14	männlich	3	16	8 (50,00)	6 (37,5)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	2 (12,5)	0 (0,00)
15	männlich	3&5	132	61 (46,21)	41 (31,06)	1 (0,76)	0 (0,00)	0 (0,00)	23 (17,42)	4 (3,03)	2 (1,52)
16	weiblich	3	70	20 (28,57)	24 (34,29)	8 (11,43)	2 (2,86)	3 (4,29)	13 (18,57)	1 (1,43)	0 (0,00)
17	männlich	5	105	52 (49,52)	34 (32,38)	6 (5,71)	4 (3,81)	1 (0,95)	6 (5,71)	4 (3,81)	0 (0,00)
18	männlich	2	129	82 (63,57)	36 (27,91)	5 (3,88)	2 (1,55)	1 (0,78)	1 (0,78)	2 (1,55)	0 (0,00)
19	männlich	2&4	75	12 (16,00)	38 (50,67)	16 (21,33)	2 (2,67)	3 (4,00)	5 (6,67)	0 (0,00)	0 (0,00)
20	männlich	3&4	104	41 (39,42)	30 (28,85)	18 (17,31)	5 (4,81)	1 (0,96)	7 (6,73)	1 (0,96)	2 (1,92)
21	männlich	5	32	19 (59,38)	11 (34,38)	1 (3,13)	0 (0,00)	0 (0,00)	1 (3,13)	0 (0,00)	0 (0,00)

Ergebnisse

22	weiblich	5	103	45 (43,69)	34 (33,01)	14 (13,59)	6 (5,83)	0 (0,00)	3 (2,91)	1 (0,97)	0 (0,00)
23	weiblich	4	62	33 (53,23)	10 (16,13)	7 (11,29)	4 (6,45)	4 (6,45)	3 (4,84)	1 (1,61)	0 (0,00)
24	männlich	2&5	59	35 (59,32)	16 (27,12)	6 (10,17)	2 (3,39)	0 (0,00)	1 (1,69)	0 (0,00)	0 (0,00)
25	weiblich	2	34	23 (67,65)	10 (29,41)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	1 (2,94)	0 (0,00)	0 (0,00)
26	weiblich	4	15	9 (60,00)	3 (20,00)	1 (6,67)	1 (6,67)	0 (0,00)	1 (6,67)	0 (0,00)	0 (0,00)
27	männlich	3	50	44 (88,00)	3 (6,00)	1 (2,00)	2 (4,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
28	weiblich	2&5	61	30 (49,18)	24 (39,34)	4 (6,56)	1 (1,64)	0 (0,00)	2 (3,28)	0 (0,00)	0 (0,00)
29	weiblich	3	66	18 (27,27)	37 (56,06)	6 (9,09)	2 (3,03)	0 (0,00)	3 (4,55)	0 (0,00)	0 (0,00)
30	männlich	4	31	4 (12,90)	13 (41,94)	5 (16,13)	2 (6,45)	3 (9,68)	4 (12,90)	0 (0,00)	0 (0,00)
31	männlich	2	20	4 (20,00)	8 (40,00)	6 (30,00)	1 (5,00)	0 (0,00)	2 (10,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
32	männlich	3&5	94	35 (37,23)	36 (38,30)	13 (13,83)	5 (5,32)	0 (0,00)	5 (5,32)	0 (0,00)	1 (1,06)
33	weiblich	2&3&4	87	33 (37,93)	36 (41,38)	9 (10,34)	2 (2,30)	1 (1,15)	5 (5,75)	2 (2,30)	0 (0,00)

Ergebnisse

34	weiblich	4	11	5 (45,45)	4 (36,36)	2 (18,18)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
35	männlich	3	54	20 (37,04)	20 (37,04)	8 (14,81)	2 (3,70)	2 (3,70)	2 (3,70)	0 (0,00)	0 (0,00)
36	männlich	3&6	67	17 (25,37)	30 (44,78)	13 (19,40)	0 (0,00)	1 (1,49)	5 (7,46)	0 (0,00)	1 (1,49)
37	weiblich	3&4	74	10 (13,51)	37 (50,00)	15 (20,27)	9 (12,16)	2 (2,70)	1 (1,35)	0 (0,00)	0 (0,00)
38	weiblich	3&4&5	66	20 (30,30)	18 (27,27)	16 (24,24)	8 (12,12)	4 (6,06)	1 (1,52)	0 (0,00)	0 (0,00)
39	weiblich	4	81	15 (18,52)	25 (30,86)	14 (17,28)	8 (9,88)	14 (17,28)	5 (6,17)	0 (0,00)	0 (0,00)
40	weiblich	2&3	84	30 (35,71)	25 (29,76)	14 (16,67)	4 (4,76)	7 (8,33)	5 (5,95)	0 (0,00)	0 (0,00)
41	weiblich	2	50	3 (6,00)	15 (30,00)	16 (32,00)	8 (16,00)	2 (4,00)	6 (12,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
42	männlich	3	84	35 (41,67)	23 (27,38)	16 (19,05)	2 (2,38)	0 (0,00)	8 (9,52)	0 (0,00)	0 (0,00)
43	weiblich	4&5	24	15 (62,50)	2 (8,33)	4 (16,67)	0 (0,00)	0 (0,00)	3 (12,50)	0 (0,00)	0 (0,00)
44	weiblich	2&4&5	69	18 (26,09)	33 (47,83)	9 (13,04)	1 (1,45)	1 (1,45)	7 (10,14)	0 (0,00)	0 (0,00)
45	männlich	4	52	21 (40,38)	19 (36,54)	4 (7,69)	0 (0,00)	1 (1,92)	7 (13,46)	0 (0,00)	0 (0,00)

Ergebnisse

46	männlich	3	92	40 (43,48)	42 (45,65)	7 (7,61)	1 (1,09)	1 (1,09)	1 (1,09)	1 (1,09)	0 (0,00)	0 (0,00)
47	männlich	5	51	36 (70,59)	13 (25,49)	0 (0,00)	2 (3,92)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
48	männlich	3	30	4 (13,33)	16 (53,33)	5 (16,67)	2 (6,67)	0 (0,00)	3 (10,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
49	weiblich	4	89	39 (43,82)	30 (33,71)	12 (13,48)	3 (3,37)	1 (1,12)	2 (2,25)	0 (0,00)	2 (2,25)	2 (2,25)
50	weiblich	3	76	43 (56,58)	18 (23,68)	9 (11,84)	2 (2,63)	3 (3,95)	1 (1,32)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
51	männlich	4	59	21 (35,59)	26 (44,07)	2 (3,39)	4 (6,78)	2 (3,39)	5 (8,47)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
52	weiblich	4	36	5 (13,89)	19 (52,78)	6 (16,67)	1 (2,78)	1 (2,78)	3 (8,33)	1 (2,78)	0 (0,00)	0 (0,00)
53	weiblich	4	59	9 (15,25)	25 (42,37)	19 (32,20)	1 (1,69)	4 (6,78)	1 (1,69)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
54	männlich	3	278	157 (56,47)	67 (24,10)	4 (1,44)	1 (0,36)	0 (0,00)	48 (17,27)	1 (0,36)	1 (0,36)	1 (0,36)
55	weiblich	4	162	49 (30,25)	85 (52,47)	7 (4,32)	0 (0,00)	0 (0,00)	18 (11,11)	4 (2,47)	0 (0,00)	0 (0,00)

3.1.1 Verteilung der Intervall- und der Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb-Strukturen im gesamten Lautrepertoire

Zunächst wurde die Häufigkeit der auftretenden Intervall- und Melodietypstrukturen innerhalb des gesamten Probandenkollektivs untersucht. Die Anzahl aller Lautäußerungen eines Kindes mit keinem, einem, zwei, drei, vier, fünf und sieben Intervallen und mit Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb-Strukturen wurden jeweils summiert, anschließend der prozentuale Anteil an den analysierten Lauten berechnet und deskriptiv analysiert. Die Intervall-4-, -5- und -7-Strukturen wurden außerdem zusammengefasst und nachfolgend immer als „≥4 Intervalle“ bezeichnet. Die Intervall-6-Struktur konnte bei keinem der Kinder gefunden werden. Als „Intervall-0-Struktur“ wurden diejenigen Signale (Einzelschreie) bezeichnet, bei denen weder eine Intervall- noch eine der drei Melodietypstrukturen identifiziert bzw. vermessen werden konnte. Für die Kind-Mittelwerte wurde der prozentuale Anteil der jeweiligen Strukturen an den analysierten Lauten pro Kind ermittelt. Alle Variablen wurden auf Normalverteilung überprüft.

Tabelle 7 (S.56) gibt eine Übersicht über die Häufigkeiten der Intervall- und Melodietypstrukturen aller Kinder und aller analysierten Signale. Außerdem sind auch die prozentualen Kind-Mittelwerte aufgelistet. Wie man aus der Tabelle ablesen kann, konnten insgesamt mehr Laute mit Intervall- bzw. Melodietyp-Struktur identifiziert werden (60 %), als Laute, die keine der beiden Strukturen zeigten (40 %). Betrachtet man die Strukturen einzeln, zeigten sich folgende Auftrittshäufigkeiten. Die prozentualen Angaben beziehen sich immer auf alle analysierten Laute ($\cong 100$ %), sowohl mit als auch ohne identifizierte Strukturen.

Bei allen 55 Kindern konnten Laute ohne Intervallstrukturen (Intervall-0-Struktur) gefunden werden. Ihr prozentualer Anteil an allen analysierten Lauten betrug 39,6 %. Im Mittel fand sich die Intervall-0-Struktur pro Kind zu 38,6 %. Für die Variable Intervall-0-Struktur ergab der Shapiro-Wilk-Test eine hinreichende Normalverteilung ($p=0,310$).

Die Intervall-1-Struktur konnte ebenfalls bei allen 55 Kindern beobachtet werden. Die Auftrittshäufigkeit dieser Säuglingslaute mit jeweils nur einem identifizierten Intervall in der Melodie betrug 35,3 %. Ihr Kind-Mittel lag ebenfalls bei 35,4 %. Der Shapiro-Wilk-Test lieferte hier ebenfalls eine hinreichende Normalverteilung ($p=0,882$). Bei Betrachtung der einzelnen Strukturen erzeugten die Säuglinge der hier untersuchten chinesischen Stichprobe am häufigsten Laute, die keine oder nur eine einzige Intervallstruktur in der Melodie aufwiesen.

Die Intervall-2-Struktur kam nur bei 3 Kindern nicht vor. Alle übrigen produzierten auch Schreie mit zwei Intervallen. Ihr prozentualer Anteil am Gesamtkorpus der hier analysierten Laute betrug 11,1 %. Das Kind-Mittel der Intervall-2-Struktur lag bei 12,3 %. Der Shapiro-Wilk-Test lieferte für die Variable Intervall-2-Struktur eine hinreichende Normalverteilung ($p=0,066$).

Drei und mehr Intervalle kamen nur bei einem Teil der Kinder vor. Die Intervall-3-Struktur wurde bei 41 Kindern beobachtet. Der prozentuale Anteil an allen analysierten Lauten betrug 3,6 %. Im Mittel wurde die Intervall-3-Struktur pro Kind zu 4 % geäußert. Hier lieferte der Shapiro-Wilk-Test keine hinreichende Normalverteilung ($p<0,001$).

Die Intervall- ≥ 4 -Struktur kam nur noch bei etwa der Hälfte (29 Kinder) vor. Ihr prozentualer Anteil an allen analysierten Lauten betrug 2,1 %. Das Kind-Mittel lag hier bei 2,2 %. Der Shapiro-Wilk-Test lieferte auch hier keine hinreichende Normalverteilung ($p<0,001$). Man kann erkennen, dass die steigende Anzahl der Intervallstrukturen mit einer abnehmenden Auftrittshäufigkeit einhergeht.

Bei der Auftrittshäufigkeit der drei quantitativ analysierten Melodietypstrukturen sind Unterschiede zu erkennen. Die Melodietyp-II-Struktur war von den drei analysierten Melodietypstrukturen, die am häufigsten vorkommende bei 49 Kindern. Nur bei 6 Kindern wurde sie nicht beobachtet. Der Anteil an allen analysierten Lauten betrug allerdings nur ca. 8 % (Tabelle 7). Die Melodietyp-II-Struktur kam im Mittel pro Kind zu 7 % vor. Hier lieferte der Shapiro-Wilk-Test keine hinreichende Normalverteilung ($p=0,001$).

Die Melodietyp-IIIa-Struktur kam noch seltener vor, nur bei 17 Kindern. Der prozentuale Anteil an allen analysierten Lauten lag hier bei unter 1 %. Der Shapiro-Wilk-Test lieferte für die Variable Melodietyp-IIIa-Struktur keine hinreichende Normalverteilung ($p < 0,001$).

Die Melodietyp-IIIb-Struktur konnte nur bei 9 Kindern (16 %) vermessen werden. Ihr prozentualer Anteil an allen analysierten Lauten lag bei 0,33 % (Tabelle 7). Der Shapiro-Wilk-Test lieferte hier ebenfalls keine hinreichende Normalverteilung ($p < 0,001$).

Tabelle 7: Übersicht über die ermittelte absolute und prozentuale Anzahl der Intervall- und Melodietypstrukturen der Kinder [N=55] und Signale [N=3641]

Gesamtes Probandenkollektiv					
	Kinder [N]	Kinder [%]	Signale [N]	Signale [%]	MW/Kind [%]
0 Intervalle	55	100	1442	39,60	38,63
1 Intervall	55	100	1285	35,29	35,43
2 Intervalle	52	94,55	405	11,12	12,25
3 Intervalle	41	74,55	130	3,57	4,00
≥4 Intervalle	29	52,73	76	2,09	2,17
Melodietyp II	49	89,09	281	7,72	7,05
Melodietyp IIIa	17	30,91	31	0,85	0,86
Melodietyp IIIb	9	16,36	12	0,33	0,27

Die absoluten Mittelwerte der Auftrittshäufigkeit von Intervall- und Melodietypstrukturen sind in dem nachfolgenden Balkendiagramm (Abbildung 15) grafisch dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Intervall-0-Struktur im Mittel mit einer Anzahl von $1442/55=26,22$ über die Kinder am häufigsten auftritt und dass mit steigender Anzahl der Intervalle die Auftrittshäufigkeit abnimmt. Die Intervall-1-Struktur hatte eine Auftrittshäufigkeit von 23,36 [N], die Intervall-2-Struktur von 7,36 [N], die Intervall-3-Struktur von 2,36 [N] und die Intervall-≥4-Struktur von 1,38 [N]. Die Melodietyp II-Struktur kam mit einer

durchschnittlichen Anzahl von 5,11 über die Kinder am häufigsten vor. Die Melodietyp IIIa-Struktur kam mit einer Anzahl von 0,56 am zweithäufigsten und die Melodietyp IIIb-Struktur mit 0,22 [N] am seltensten vor.

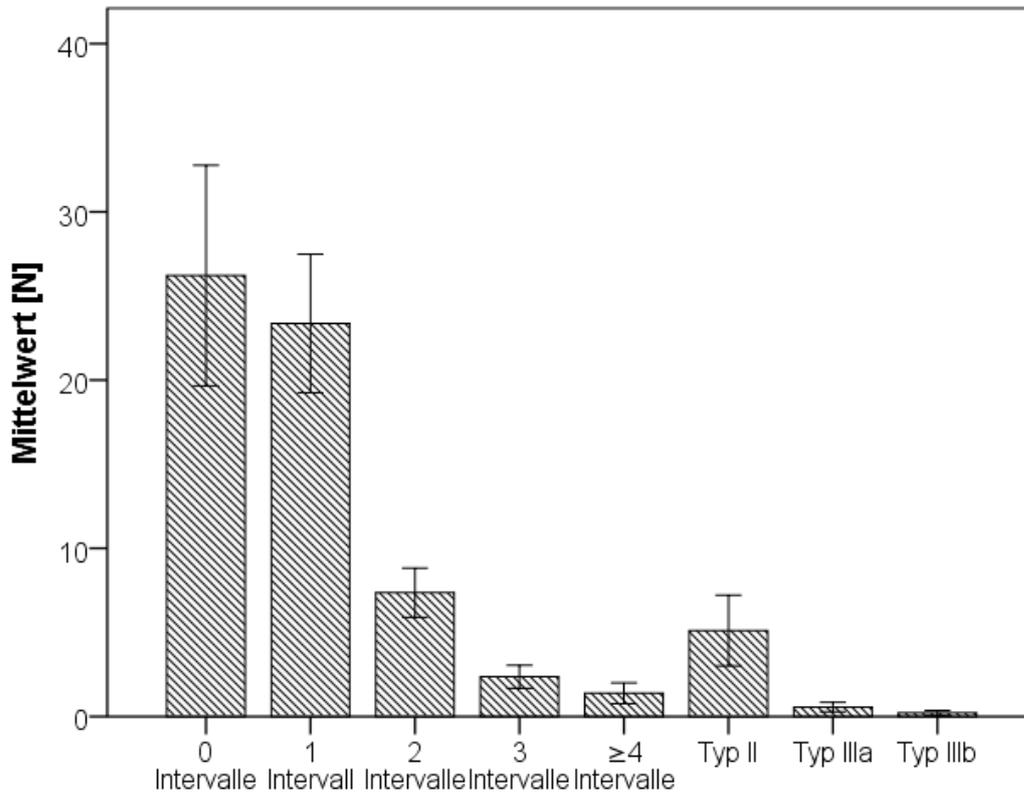


Abbildung 15: Balkendiagramm der absoluten Anteile mit denen die aufgeführten Strukturen über die Kinder im Mittel identifiziert wurden [N]

3.1.2 Verteilung der Intervall- und Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb-Strukturen differenziert nach dem Geschlecht

Nach der Analyse der Verteilungshäufigkeit innerhalb des gesamten Probandenkollektivs wurde die Verteilungshäufigkeit gruppenspezifisch (männlich/weiblich) ausgewertet. Für die Intervall- und Melodietypstrukturen wurden eine deskriptive Statistik und ein Boxplot-Diagramm erstellt. Zudem wurde für jede Gruppe eine Normalverteilungsanalyse durchgeführt. Anschließend wurden die Gruppenunterschiede auf ihre Signifikanz untersucht.

In Tabelle 8 und Tabelle 9 (S.60) sind die Anzahlen der Intervall- und Melodietypstrukturen der männlichen und weiblichen Probanden dargestellt. Ähnlich wie auch schon im gesamten Lautrepertoire, zeigen die Laute mit Intervall- bzw. Melodietyp-Struktur sowohl bei den männlichen (56 %) als auch bei den weiblichen (66 %) Probanden eine größere Auftrittshäufigkeit als die Laute ohne Strukturen (Intervall-0-Struktur m: 44 %; w: 34 %). Die prozentualen Angaben beziehen sich hier immer auf die Gesamtanzahl der Laute innerhalb der jeweiligen Gruppe (männlich/weiblich). Auch hier konnte die Abnahme der Auftrittshäufigkeit der Intervallstrukturen mit zunehmender Intervallanzahl beobachtet werden. Eine kleine Ausnahme zeigt sich allerdings in der Gruppe der weiblichen Probanden. Hier kam die Intervall-1-Struktur häufiger vor als die Intervall-0-Struktur. Bis auf diese Ausnahme bleibt die fallende Tendenz der Auftrittshäufigkeit mit steigender Anzahl der Intervalle auch bei den weiblichen Probanden bestehen.

Sowohl die Intervall-0- als auch die Intervall-1-Struktur kam bei allen 27 männlichen und allen 28 weiblichen Probanden vor. Der prozentuale Anteil der Intervall-0-Struktur an den analysierten Lauten betrug in der Gruppe der männlichen Probanden 44 % und in der Gruppe der weiblichen Probanden 34 % (Tabelle 8 und Tabelle 9). Die Intervall-1-Struktur zeigte bei den weiblichen Probanden (38 %) einen etwas größeren Anteil als bei den männlichen (33 %). Der Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk lieferte für beide Intervallstrukturen in beiden Gruppen eine hinreichende Normalverteilung (m: $p=0,479$ und $p=0,258$; w: $p=0,752$ und $p=0,998$). Die Gruppenunterschiede waren ebenfalls für beide Intervallstrukturen laut t-Test statistisch nicht signifikant ($p=0,167$; $p=0,796$).

Die Intervall-2-Struktur kam noch bei 25 männlichen und 27 weiblichen Probanden vor. Der prozentuale Anteil an den analysierten Lauten lag hier in der männlichen Gruppe (9 %) ebenfalls etwas niedriger als in der weiblichen (13 %). Laut Shapiro-Wilk-Test waren die Werte beider Gruppen hinreichend normalverteilt (m: $p=0,067$; w: $p=0,110$). Der t-Test lieferte keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede ($p=0,114$).

Mit den Intervall-3- und -≥4-Strukturen verhielt es sich ähnlich wie mit den bereits vorangegangenen Strukturen. Das Auftreten war in der Gruppe der männlichen Probanden etwas geringer als in der Gruppe der weiblichen Probanden. Auch der prozentuale Anteil an den analysierten Lauten war bei den weiblichen Probanden etwas höher als bei den männlichen. Der Shapiro-Wilk-Test ergab weder für die Intervall-3- noch für die Intervall-≥4-Struktur eine hinreichende Normalverteilung ($p < 0,05$). Laut Mann-Whitney-U-Test gab es weder für die Intervall-3- ($p = 0,285$) noch für die Intervall-≥4-Struktur ($p = 0,236$) statistisch signifikante Gruppenunterschiede.

Die Melodietyp-II-Struktur zeigte in beiden Gruppen das vierthäufigste Vorkommen, mit 23 Kindern bei den männlichen Probanden und mit 26 Kindern bei den weiblichen Probanden. Der Anteil an den analysierten Lauten lag bei den männlichen Probanden bei 8,6 % und bei den weiblichen bei 6,7 %. Der Shapiro-Wilk-Test ergab für beide Gruppen keine hinreichende Normalverteilung (m: $p = 0,005$; w: $p = 0,043$). Laut Mann-Whitney-U-Test waren die Gruppenunterschiede statistisch nicht signifikant ($p = 0,814$).

Die Melodietyp-IIIa- und -IIIb-Strukturen zeigten beide ein höheres Vorkommen bei den männlichen Probanden mit jeweils 9 und 6 Kindern. Auch der Anteil an den analysierten Lauten war in der Gruppe der männlichen Probanden etwas höher als in der der weiblichen Probanden. Der Shapiro-Wilk-Test lieferte innerhalb der Gruppen für keine der beiden Strukturen eine hinreichende Normalverteilung ($p < 0,001$). Die Gruppenunterschiede waren jedoch laut Mann-Whitney-U-Test weder für die Melodietyp-IIIa- ($p = 0,711$) noch für die Melodietyp-IIIb-Struktur ($p = 0,340$) statistisch signifikant.

Ergebnisse

Tabelle 8: Übersicht über die ermittelte absolute und prozentuale Anzahl der Intervall- und Melodietypstrukturen der männlichen Probanden [N=27] und deren Lauten [N=1972]

männlich					
	Kinder [N]	Kinder [%]	Signale [N]	Signale [%]	MW/Kind [%]
0 Intervalle	27	100	875	44,37	42,07
1 Intervall	27	100	652	33,06	35,01
2 Intervalle	25	92,59	181	9,18	10,52
3 Intervalle	19	70,37	53	2,69	2,94
≥4 Intervalle	13	48,15	26	1,32	1,55
Melodietyp II	23	85,19	169	8,57	7,09
Melodietyp IIIa	9	33,33	18	0,91	1,09
Melodietyp IIIb	6	22,22	8	0,41	0,31

Tabelle 9: Übersicht über die ermittelte absolute und prozentuale Anzahl der Intervall- und Melodietypstrukturen der weiblichen Probanden [N=28] und deren Lauten [N=1669]

weiblich					
	Kinder [N]	Kinder [%]	Signale [N]	Signale [%]	MW/Kind [%]
0 Intervalle	28	100	567	33,97	35,30
1 Intervall	28	100	633	37,93	35,84
2 Intervalle	27	96,43	224	13,42	13,92
3 Intervalle	22	78,57	77	4,61	5,00
≥4 Intervalle	16	57,14	50	3,00	2,78
Melodietyp II	26	92,86	112	6,71	7,00
Melodietyp IIIa	8	28,57	13	0,78	0,65
Melodietyp IIIb	3	10,71	4	0,24	0,23

In der nachfolgenden Abbildung 16 sind alle Intervallstrukturen der männlichen und weiblichen Probanden als Boxplots gegenübergestellt. Wie bereits am Anfang des Kapitels erwähnt, wurden die Daten kindbasiert und nicht lautbasiert ausgewertet. Aufgrund der gewählten Skala konnten nicht alle Ausreißer (Kreise) und Extremwerte (Sterne) angezeigt werden. Die Boxplots der Intervall-0-Struktur zeigen hier zwischen männlichen und weiblichen Probanden Unterschiede, sowohl hinsichtlich der Lage und dem Ausmaß der Boxen als auch hinsichtlich der Mediane. Der Interquartilbereich der Box der männlichen Probanden ist größer und liegt zwischen 12 und 40. Das bedeutet, dass die Intervall-0-Struktur bei 50 % der Daten zwischen 12- und 40-mal auftritt. In der Gruppe der weiblichen Probanden liegt der Interquartilbereich zwischen 9 und 30 und ist somit kleiner als bei den männlichen Probanden. Der Median liegt bei den männlichen Probanden etwas höher (22) als bei den weiblichen (18). 50 % der Daten liegen jeweils unterhalb bzw. oberhalb des Medianwertes.

Des Weiteren ist zu bemerken, dass die Datenverteilung innerhalb der Boxen (Interquartilsabstand) der Intervall-3- und der Intervall- ≥ 4 -Struktur deutlich kleiner ist, als die der anderen Intervallstrukturen. Hier liegt das Vorkommen von 50 % der Daten gerade einmal zwischen 0 und 4. Auffällig ist außerdem der Boxplot der Intervall-3-Struktur der männlichen Probanden. Hier entspricht die 25. Perzentile auch gleichzeitig dem Minimum mit einem Wert von 0. Die 75. Perzentile entspricht wiederum dem Median mit einem Wert von 2. Ähnlich ist es mit dem Boxplot der Intervall- ≥ 4 -Struktur der männlichen Probanden. Das Minimum entspricht sowohl dem Median als auch der 25. Perzentile mit einem Wert von 0.

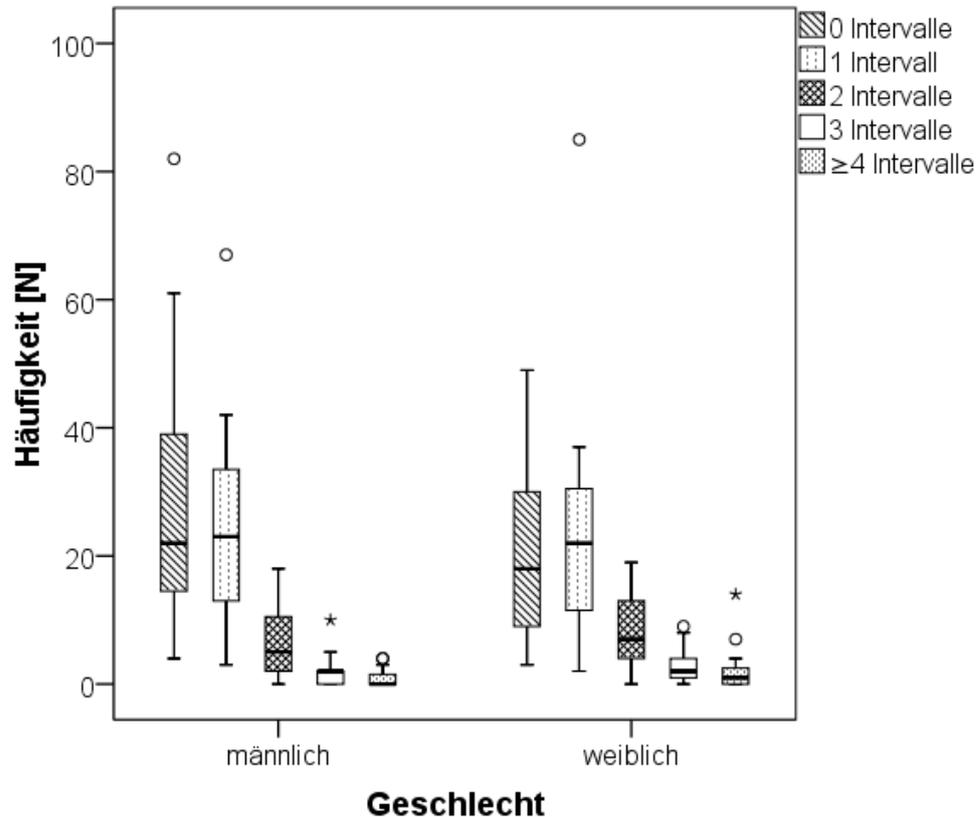


Abbildung 16: Boxplots der Intervallstrukturen der männlichen und weiblichen Probanden [N]

Abbildung 17 zeigt die Gegenüberstellung der Melodietypstrukturen bei männlichen und weiblichen Probanden als Boxplots. Auch hier konnten nicht alle Ausreißer und Extremwerte aufgrund der gewählten Skalierung angezeigt werden. Deutlich zu erkennen sind die große Ähnlichkeit der Boxen und der Mediane der jeweiligen Melodietypstrukturen. Der Median der Melodietyp-II-Struktur liegt mit einem Wert von 3, sowohl in der Gruppe der männlichen Probanden als auch in der der weiblichen Probanden gleich. Die Perzentilen weisen ebenfalls in beiden Gruppen fast identische Werte auf (m: 1 und 6; w: 1 und 5,75). Auffällig sind unter anderem auch die Boxen der Melodietyp-IIIa-Struktur bei den männlichen und weiblichen Probanden. Die Werte für den Median (0), die 25. Perzentile (0) und die 75. Perzentile (1) sind in beiden Gruppen identisch. Die Melodietyp-IIIb-Struktur weist aufgrund der zu geringen Anzahl von Werten keine Boxen auf. Die Werte des Minimums (0) und Maximums (2) sind hier ebenfalls in beiden Gruppen identisch.

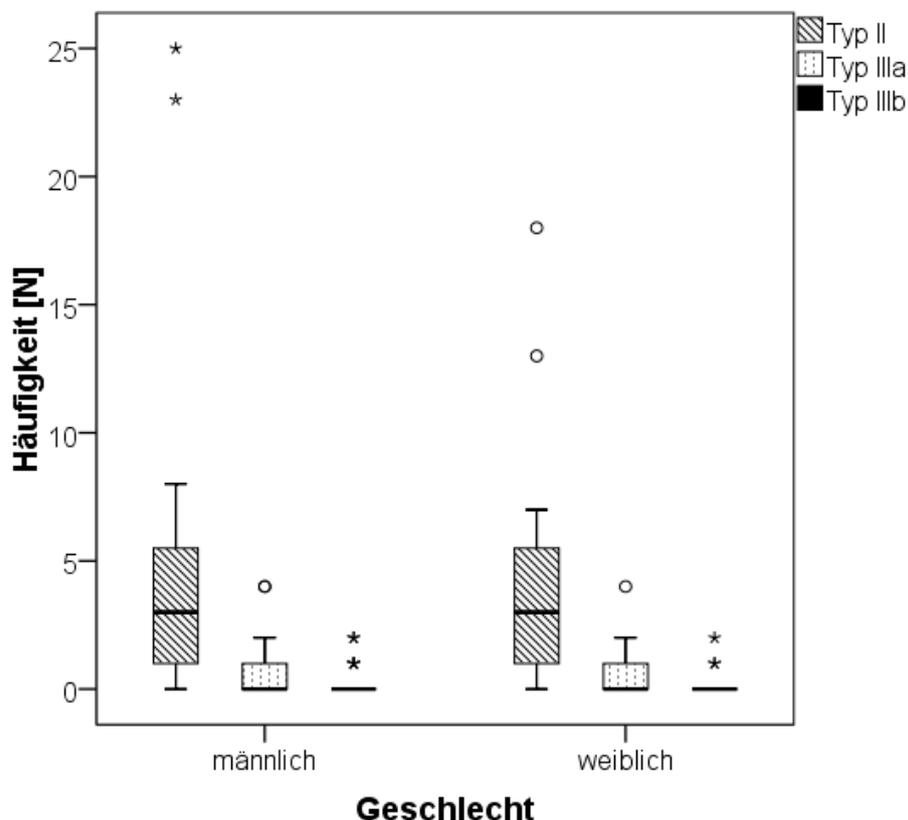


Abbildung 17: Boxplots der Melodietypstrukturen der männlichen und weiblichen Probanden [N]

3.1.3 Verteilung der Intervallrichtung im gesamten Lautrepertoire und differenziert nach dem Geschlecht

Alle 2822 vermessenen Intervalle wurden entsprechend ihrer Richtung in die Gruppen für steigende und fallende Intervalle unterteilt. Wie man aus Tabelle 10 ablesen kann, ist die Anzahl der steigenden und fallenden Intervalle quasi gleich (1410 vs. 1412). Außerdem wurden die steigenden und fallenden Intervalle jeweils in den beiden Geschlechtergruppen betrachtet. Wie man erkennen kann, ist die Gesamtanzahl der identifizierten Intervalle in der Gruppe der männlichen Probanden (1288) deutlich geringer als in der Gruppe der weiblichen Probanden (1534). Innerhalb der Gruppe der männlichen Probanden zeigt die Anzahl der steigenden Intervalle einen etwas kleineren Wert. In der Gruppe der weiblichen Probanden ist es genau umgekehrt: Die steigenden Intervalle weisen eine höhere Anzahl auf als die fallenden.

Tabelle 10: Absolute und prozentuale Häufigkeiten der steigenden und fallenden Intervalle in der Gruppe der männlichen und weiblichen Probanden

	Intervallrichtung		
	steigend [N (%)]	fallend [N (%)]	gesamt (100 %)
männlich	619 (48,1)	669 (51,9)	1288
weiblich	791 (51,6)	743 (48,4)	1534
gesamt	1410 (49,96)	1412 (50,04)	2822

Abbildung 18 zeigt die steigenden und fallenden Intervalle von männlichen und weiblichen Probanden gegenübergestellt. Besonders auffallend ist die größere Anzahl, sowohl der steigenden als auch der fallenden Intervalle innerhalb der weiblichen Probandengruppe im Vergleich zu der der männlichen. Ebenfalls auffällig ist die geringere Anzahl der steigenden Intervalle im Vergleich zu den fallenden bei den männlichen Probanden. Die Gruppe der weiblichen Probanden weist dementsprechend umgekehrte Werte auf (steigend>fallend).

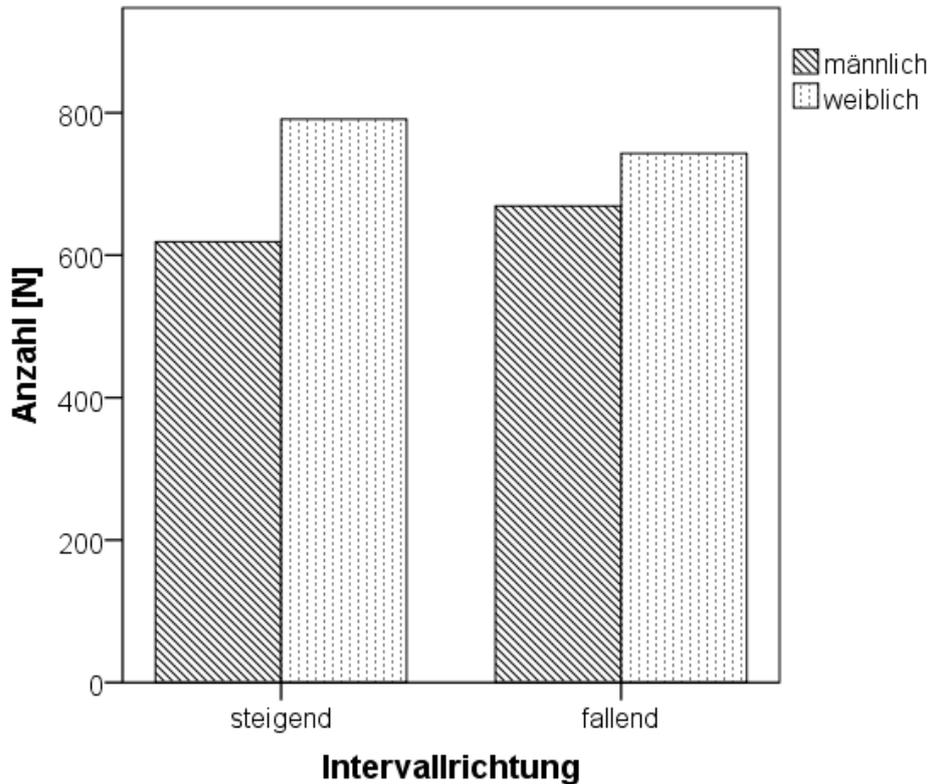


Abbildung 18: Balkendiagramm der fallenden und steigenden Intervalle für die männlichen und weiblichen Probanden [N]

3.2 Untersuchung zeitlicher Intervalleigenschaften

In den nachfolgenden beiden Unterkapiteln werden zeitliche Messgrößen wie die Intervalllänge, die Länge des vorderen Plateaus, die Länge des Übergangs und die Länge des hinteren Plateaus einerseits für die Gesamtheit aller Intervalle und andererseits für die Gruppen der steigenden und fallenden Intervalle separat betrachtet. Alle zeitlichen Messgrößen wurden auf Normalverteilung untersucht. Gruppenunterschiede zwischen der Gruppe der steigenden und fallenden Intervalle wurden ebenfalls ermittelt. Dazu wurde pro Laut und nachfolgend pro Kind für jede zeitliche Messgröße (Längen des vorderen und hinteren Plateaus und des Übergangs) ein Mittelwert gebildet und analysiert.

3.2.1 Zeitliche Messgrößen bezogen auf alle identifizierten Intervallstrukturen

Die nachfolgenden beiden Tabellen (Tabelle 11 und Tabelle 12, S.67) zeigen die deskriptive Statistik der Intervalllängen und der Längen des vorderen Plateaus, des Übergangs und des hinteren Plateaus. In Tabelle 11 sind die Angaben als Absolutwerte dargestellt, in Tabelle 12 als Prozentwerte. Die prozentualen Werte der Intervalllänge wurden im Verhältnis zur Signallänge betrachtet, diejenigen der Plateau- und Übergangslängen im Verhältnis zur Intervalllänge.

Die mittlere Länge aller hier identifizierten Intervalle nahm im Mittel 0,42 s ein. Der Medianwert zeigt hier nur eine minimale Abweichung vom Mittelwert, was auf eine relativ symmetrische Verteilung der Daten schließen lässt. Die durchschnittlichen Längen des vorderen und des hinteren Plateaus waren mit 0,15 s und 0,16 s fast identisch. Die entsprechenden Medianwerte zeigen hier ebenfalls nur geringfügige Abweichungen. Aufgrund des zu Beginn festgelegten Messkriteriums für die Identifizierung intervallartiger Strukturen (vgl. Kapitel 2.5.2) betrug der Minimalwert der Plateaus 0,10 s (Messgrenze). Die längsten Plateaus, sowohl vorne als auch hinten, hatten eine Länge von 1,01 s. Die Länge des Übergangs betrug im Mittel 0,10 s (Medianwert: 0,08 s).

Für die Berechnung der prozentualen Intervalllängen wurde die Signallänge als Basis genommen. Diese lag somit immer bei 100 %. Für die Berechnung der prozentualen Plateau- und Übergangslängen wurde wiederum die Intervalllänge als 100 % Basis genommen. Prozentual betrachtet (Tabelle 12) nahm die Intervalllänge im Mittel 39 % der Signallänge ein. Die relative Länge der beiden Plateaus war mit einem durchschnittlichen Anteil von 38 % und 39 % sehr ähnlich. Beeindruckende Werte zeigen die Maximallängen der Plateaus mit einem Anteil von 79 % bzw. 84 % an der Intervalllänge. Der Mittelwert des Übergangs war mit einem Anteil von 23 % an der Intervalllänge deutlich geringer. Der kürzeste Übergang hatte gerade einmal einen Anteil von 1,04 % an der Intervalllänge, der längste jedoch 77 %. Die Medianwerte der zeitlichen

Ergebnisse

Messgrößen zeigten hier ebenfalls große Ähnlichkeiten zu ihren entsprechenden Mittelwerten.

Tabelle 11: Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau in [s]

	Mittelwert (±SD) [s]	Median [s]	Min [s]	Max [s]	25. Perzentile [s]	75. Perzentile [s]
Intervalllänge	0,42 (± 0,16)	0,38	0,21	2,11	0,31	0,48
Länge vorderes Plateau	0,15 (± 0,07)	0,12	0,10	1,01	0,11	0,17
Länge Übergang	0,10 (± 0,09)	0,08	0,003	0,70	0,05	0,14
Länge hinteres Plateau	0,16 (± 0,09)	0,13	0,10	1,01	0,11	0,18

Tabelle 12: Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau in [%]

	Mittelwert (±SD) [%]	Median [%]	Min [%]	Max [%]	25. Perzentile [%]	75. Perzentile [%]
Intervalllänge	39,13 (± 16,94)	37,19	6,12	98,40	26,27	50,00
Länge vorderes Plateau	37,67 (± 11,39)	37,23	10,19	78,59	29,53	44,44
Länge Übergang	23,34 (± 13,58)	20,79	1,04	76,86	12,40	31,70
Länge hinteres Plateau	38,99 (± 11,83)	38,17	8,92	83,50	30,68	46,13

Das nachfolgende Diagramm (Abbildung 19) verdeutlicht die Längenverhältnisse grafisch.

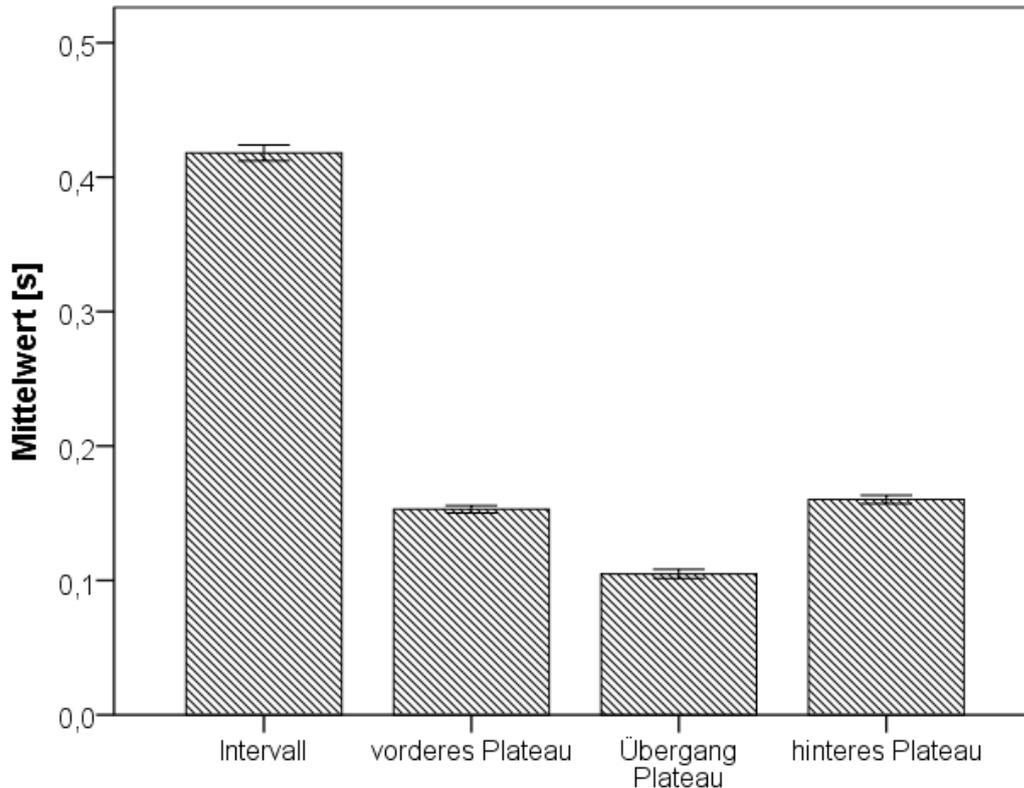


Abbildung 19: Balkendiagramm der durchschnittlichen Intervalllängen und der durchschnittlichen Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau aller identifizierten Intervalle [s]

Für alle zeitlichen Messgrößen wurde der Shapiro-Wilk-Test zur Überprüfung der Normalverteilung durchgeführt. Allerdings ergab sich auch nach Logarithmierung der Werte für keine der Messgrößen eine hinreichende Normalverteilung ($p < 0,001$). Die nachfolgenden Histogramme (Abbildung 20-Abbildung 23) zeigen die Verteilungseigenschaften der zeitlichen Messgrößen von Intervalllänge sowie der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau. Da die logarithmierten Werte eine normalverteilungsähnlichere Darstellung zeigten, wurden diese grafisch dargestellt. Besonders auffallend ist, dass die Histogramme des hinteren und vorderen Plateaus links durch das künstlich festgelegte 100 ms Messkriterium begrenzt werden. Dadurch ist die Log-

Normalverteilung gestört. Dieser Wert ($\log 0,1 s = -0,1$) hat die höchste Auftretshäufigkeit (Abbildung 21 und Abbildung 23).

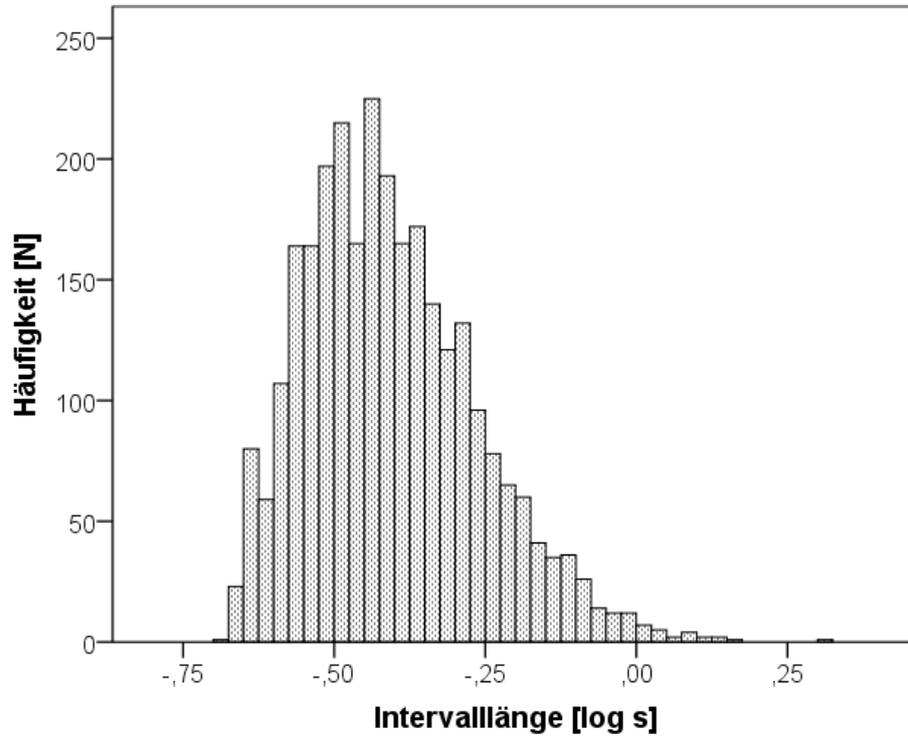


Abbildung 20: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Intervalllänge [log s]

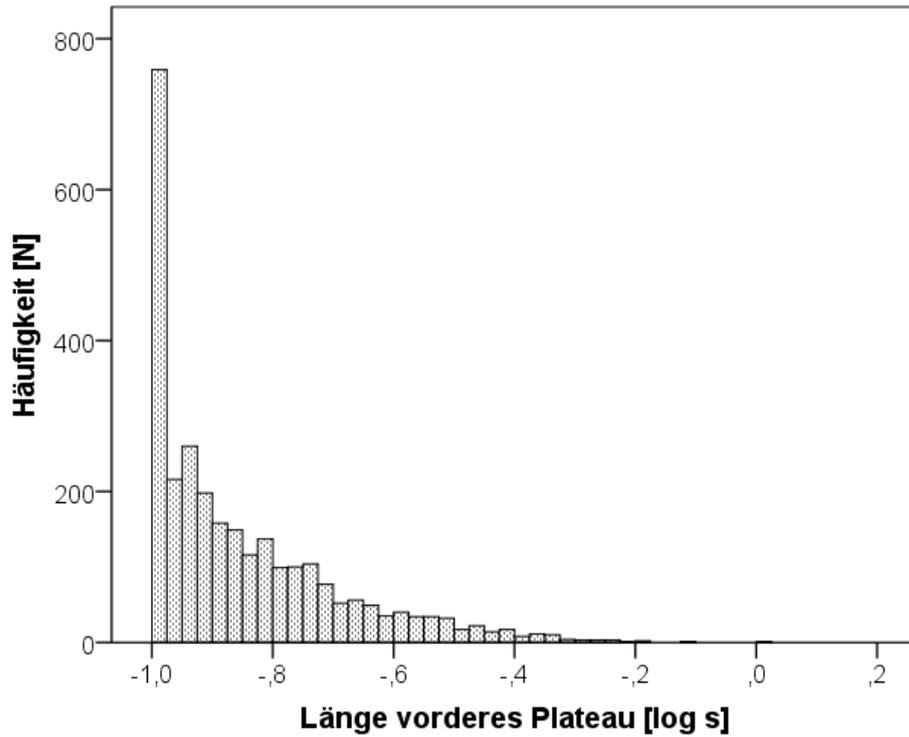


Abbildung 21: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des vorderen Plateaus [log s]

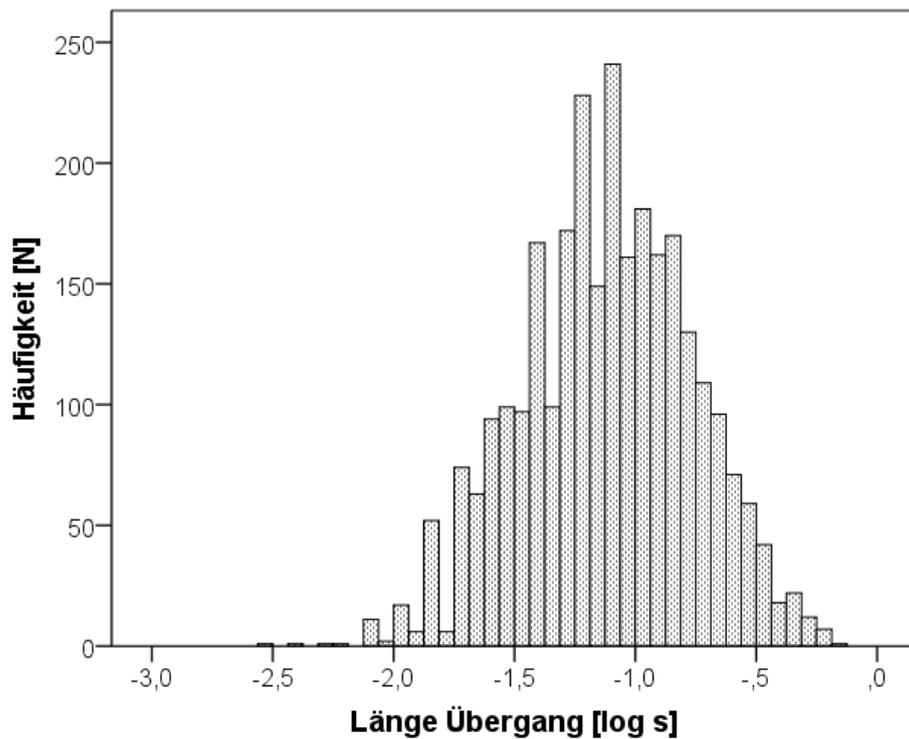


Abbildung 22: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des Übergangs [log s]

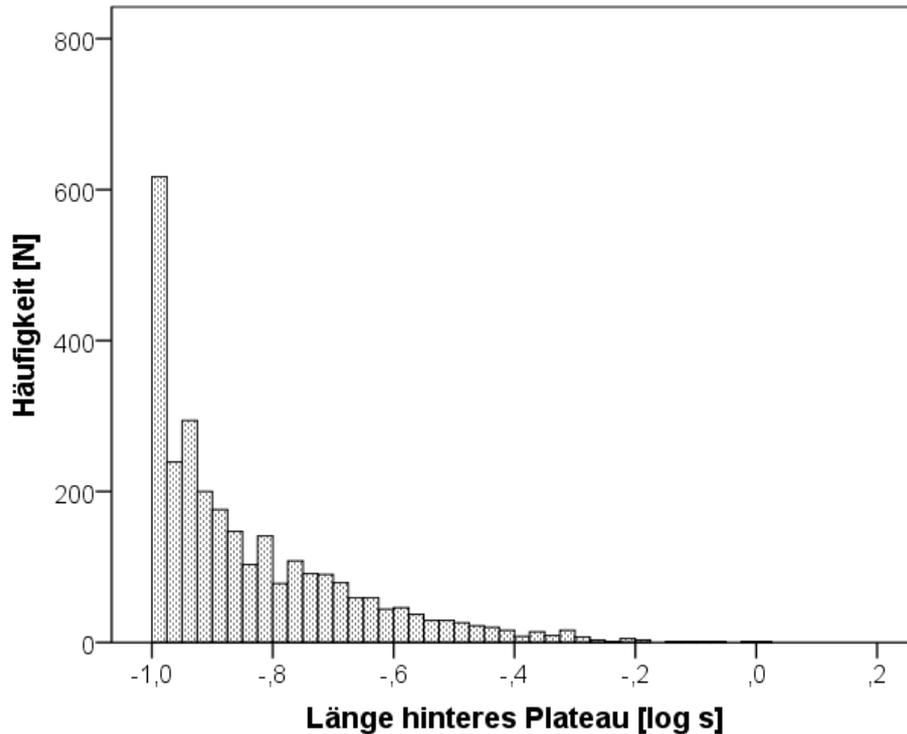


Abbildung 23: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des hinteren Plateaus [log s]

3.2.2 Zeitliche Messgrößen im Vergleich steigender und fallender Intervalle

Die beiden nachfolgenden Tabellen (Tabelle 13, S.72 und Tabelle 14, S. 73) berichten die deskriptive Statistik der Intervalllänge und der Länge von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau für die Gruppen der steigenden und fallenden Intervalle.

Die Intervalllängen lagen im Mittel bei 0,38 s bei den steigenden und 0,45 s bei den fallenden Intervallen. Die fallenden Intervalle waren damit um durchschnittlich 70 ms länger. Die entsprechenden Medianwerte wiesen nur einen geringfügigen Unterschied zu den Mittelwerten auf. Der Minimalwert war mit 0,21 s bei beiden Gruppen identisch. Der Maximalwert hingegen zeigt mit 1,31 s bei den steigenden und 2,11 s bei den fallenden Intervallen einen deutlichen Unterschied.

Ergebnisse

Die durchschnittliche Länge der vorderen Plateaus war in beiden Gruppen wieder sehr ähnlich (0,14 s und 0,17 s) und zeigte tendenziell längere Plateaus in den fallenden Intervallstrukturen. Auch die entsprechenden Medianwerte zeigten nur minimale Differenzen zu den Mittelwerten. Die Minimalwerte waren aufgrund des festgelegten Messkriteriums mit 0,10 s identisch. Der Maximalwert war mit 1,01 s bei den fallenden Intervallen fast doppelt so groß wie bei den steigenden mit 0,59 s.

Die Werte der Übergangslänge zeigten ebenfalls Ähnlichkeiten in beiden Intervallgruppen. Auch hier fanden sich wiederum tendenziell längere Zeiten bei den fallenden Intervallstrukturen. Gleiches gilt für die Länge des hinteren Intervallplateaus.

Tabelle 13: Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [s]

steigend						
	Mittelwert (±SD) [s]	Median [s]	Min [s]	Max [s]	25. Perzentile [s]	75. Perzentile [s]
Intervalllänge	0,38 (± 0,13)	0,36	0,21	1,31	0,30	0,44
Länge vorderes Plateau	0,14 (± 0,06)	0,12	0,10	0,59	0,11	0,15
Länge Übergang	0,09 (± 0,07)	0,08	0,003	0,64	0,04	0,12
Länge hinteres Plateau	0,15 (± 0,07)	0,12	0,10	0,97	0,11	0,17

Ergebnisse

Tabelle 14: Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [s]

fallend						
	Mittelwert (\pm SD) [s]	Median [s]	Min [s]	Max [s]	25. Perzentile [s]	75. Perzentile [s]
Intervalllänge	0,45 (\pm 0,18)	0,41	0,21	2,11	0,33	0,53
Länge vorderes Plateau	0,17 (\pm 0,08)	0,14	0,10	1,01	0,11	0,19
Länge Übergang	0,12 (\pm 0,10)	0,08	0,01	0,70	0,05	0,15
Länge hinteres Plateau	0,17 (\pm 0,10)	0,14	0,10	1,01	0,11	0,19

In Tabelle 15 und Tabelle 16 sind die prozentualen Werte der Intervalllänge, der Länge des vorderen und hinteren Plateaus und des Übergangs bei steigenden und fallenden Intervallen dargestellt. Die Intervalllänge wurde, wie bereits im vorherigen Kapitel 3.1.1, im Verhältnis zur Signallänge betrachtet, die Längen der Plateaus und des Übergangs im Verhältnis zur Intervalllänge. Die prozentualen Mittelwerte der Intervalllänge und der Längen von vorderem Plateau, hinterem Plateau und Übergang zwischen den steigenden und fallenden Intervallen zeigten hier ebenfalls nur geringfügige Unterschiede. Auch hier spricht die geringe Differenz zwischen den Median- und Mittelwerten für eine gleichmäßige Verteilung der Daten. Auffällig war nur die maximale Übergangslänge, die bei den steigenden Intervallen einen Anteil von 68 % und bei den fallenden von 77 % hatte. Ein weiterer Unterschied fand sich bei der maximalen Intervalllänge, die bei den steigenden Intervallen 92 % und bei den fallenden 98 % betrug.

Ergebnisse

Tabelle 15: Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [%]

steigend						
	Mittelwert (±SD) [%]	Median [%]	Min [%]	Max [%]	25. Perzentile [%]	75. Perzentile [%]
Intervalllänge	39,98 (± 16,70)	38,48	6,12	91,55	27,33	50,85
Länge vorderes Plateau	37,46 (± 10,33)	37,18	11,74	77,37	30,00	44,16
Länge Übergang	22,86 (± 12,60)	20,88	1,04	68,34	12,76	30,87
Länge hinteres Plateau	39,67 (± 11,02)	38,94	8,92	83,50	31,81	46,18

Tabelle 16: Deskriptive Analyse der Intervalllängen und der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [%]

fallend						
	Mittelwert (±SD) [%]	Median [%]	Min [%]	Max [%]	25. Perzentile [%]	75. Perzentile [%]
Intervalllänge	38,29 (± 17,14)	35,65	7,03	98,40	25,41	48,80
Länge vorderes Plateau	37,87 (± 12,36)	37,32	10,19	78,59	28,86	45,08
Länge Übergang	23,81 (± 14,49)	20,79	1,83	76,86	12,16	32,57
Länge hinteres Plateau	38,31 (± 12,54)	37,33	10,80	80,77	29,09	46,07

Abbildung 24 veranschaulicht noch einmal grafisch die Verteilung der durchschnittlichen Längen von Intervall, vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau für die steigenden und fallenden Intervalle. Deutlich auffallend ist der größere Mittelwert der Intervalllänge in der Gruppe der fallenden Intervalle. Die übrigen Werte zeigen geringere Gruppenunterschiede, die aber in dieselbe Richtung gehen.

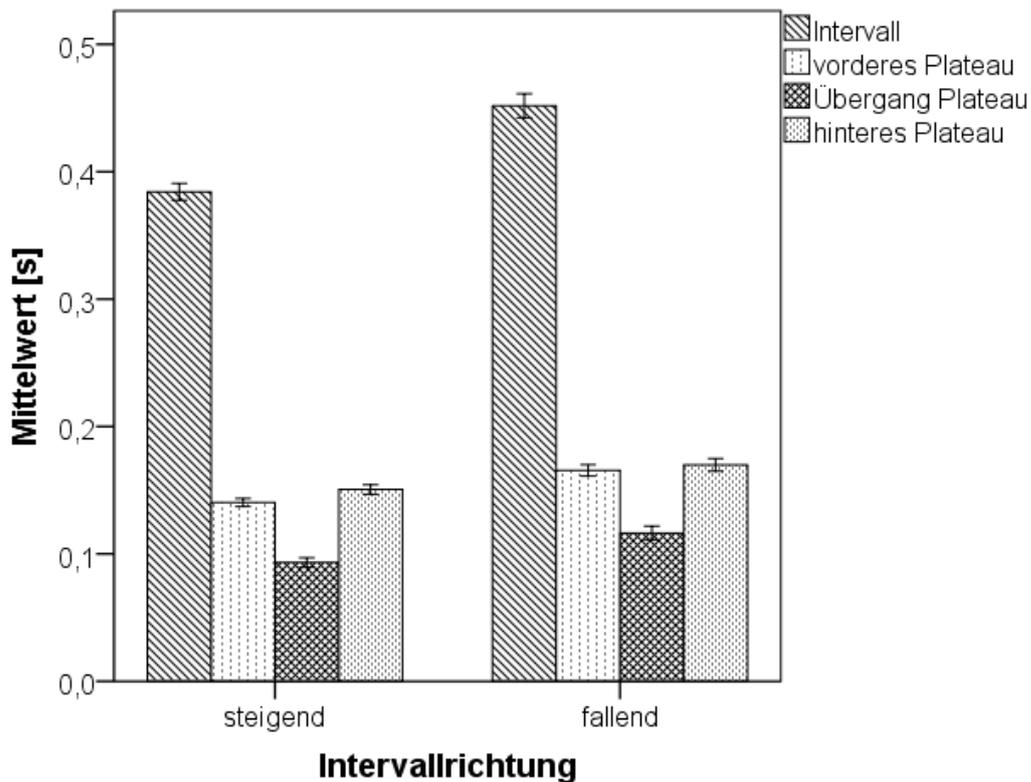


Abbildung 24: Balkendiagramm der durchschnittlichen Intervalllängen und der durchschnittlichen Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden und steigenden Intervalle [s]

Die nachfolgenden Histogramme (Abbildung 25-Abbildung 32) zeigen die Verteilungseigenschaften der zeitlichen Messgrößen von Intervalllänge sowie der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau für die steigenden und fallenden Intervalle. Auch hier wurden wieder die logarithmierten Werte gewählt. Die linke Seite der Verteilungskurve ist auch hier (Abbildung 25) wiederum durch das vorgegebene Messkriterium künstlich begrenzt. Das gilt auch für Abbildung 26.

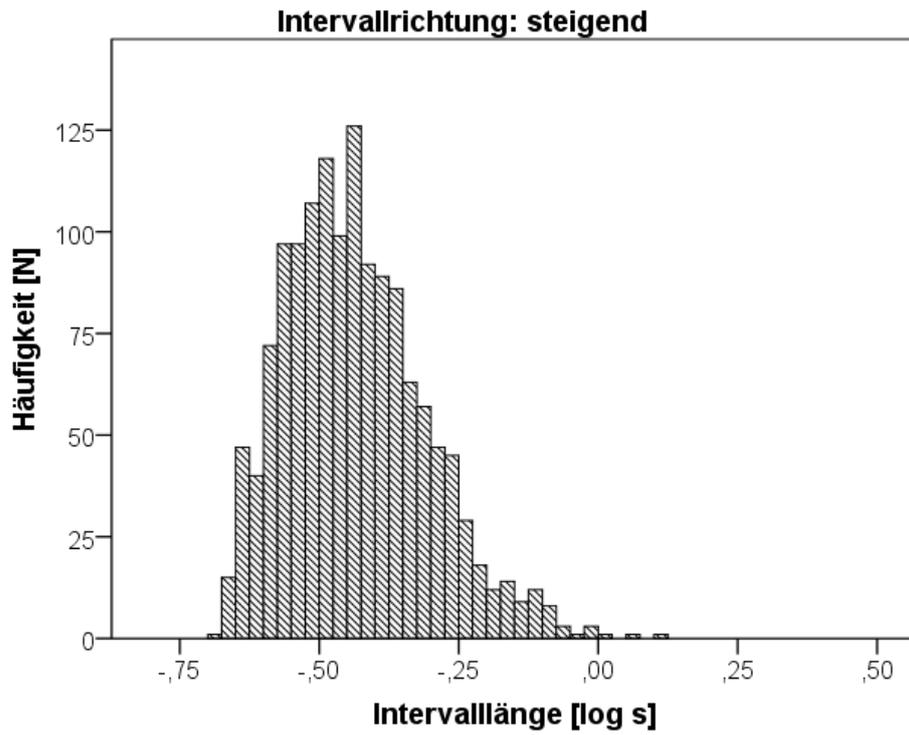


Abbildung 25: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Intervalllänge der steigenden Intervalle [log s]

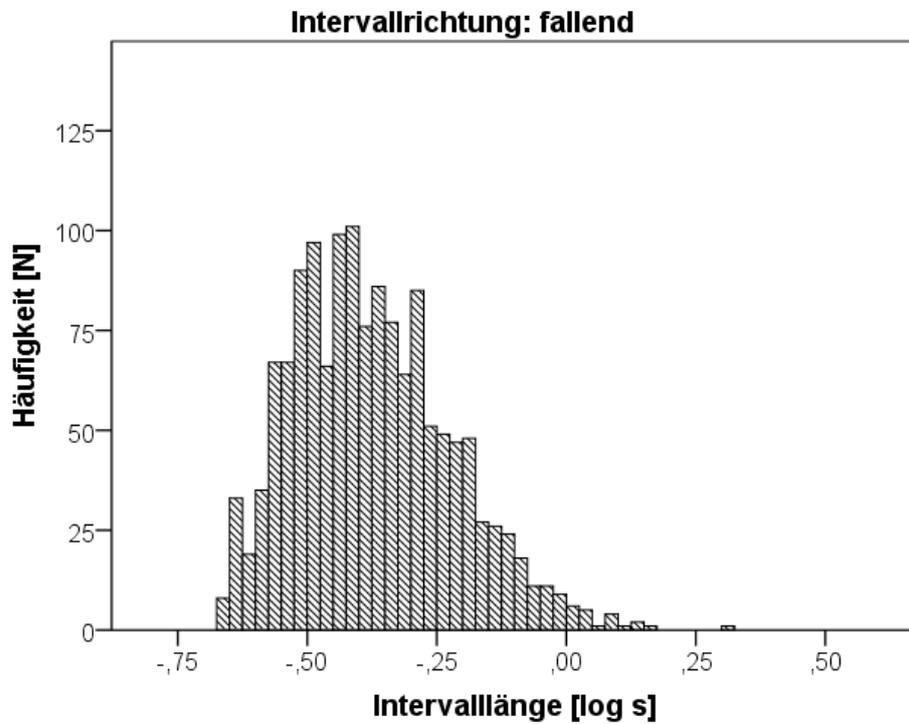


Abbildung 26: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Intervalllänge der fallenden Intervalle [log s]

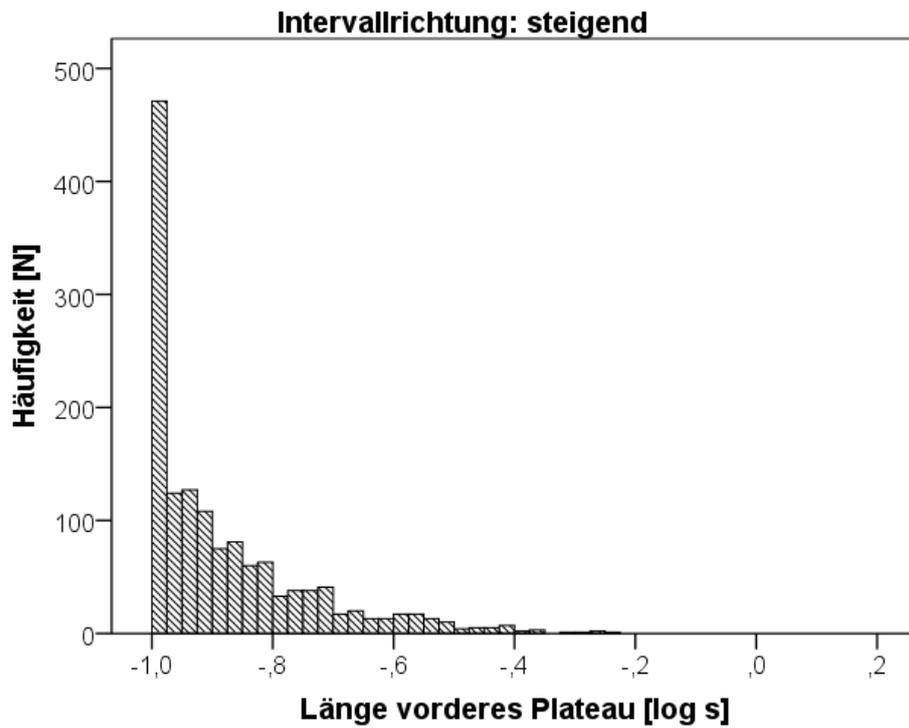


Abbildung 27: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des vorderen Plateaus der steigenden Intervalle [log s]

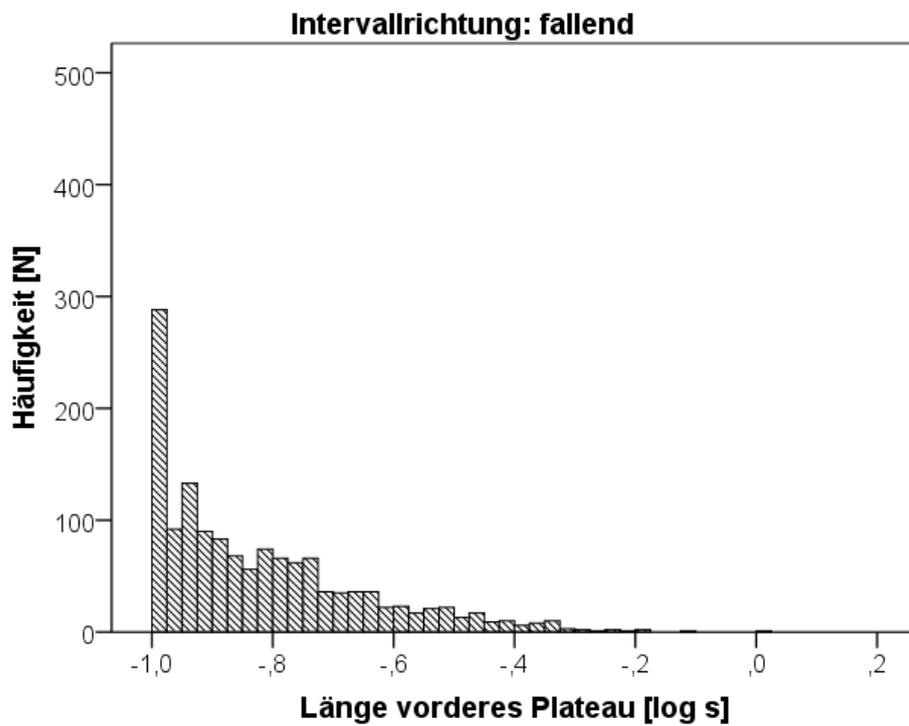


Abbildung 28: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des vorderen Plateaus der fallenden Intervalle [log s]

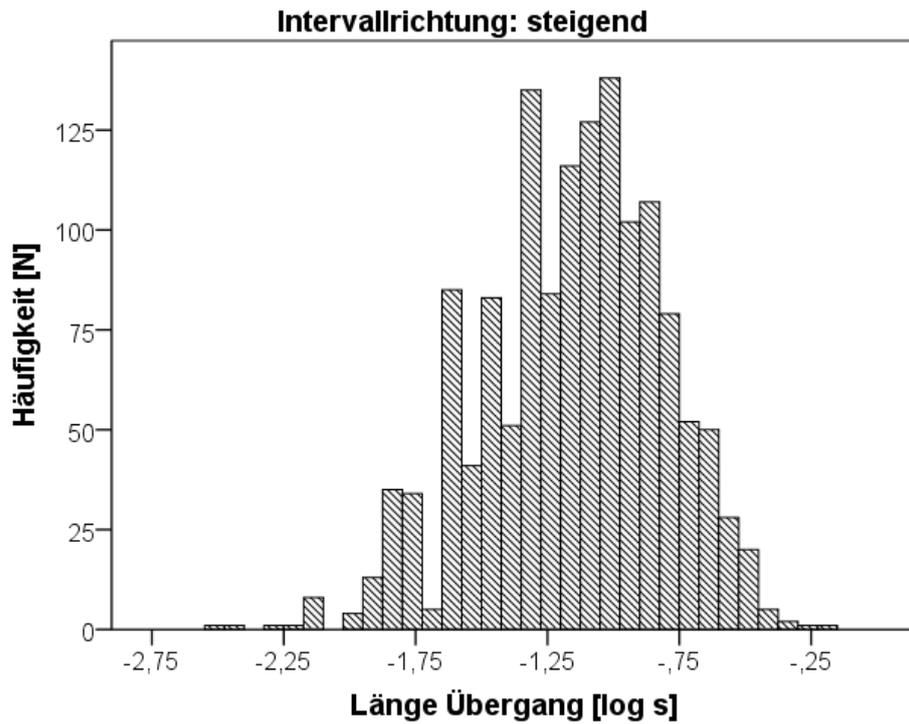


Abbildung 29: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des Übergangs der steigenden Intervalle [log s]

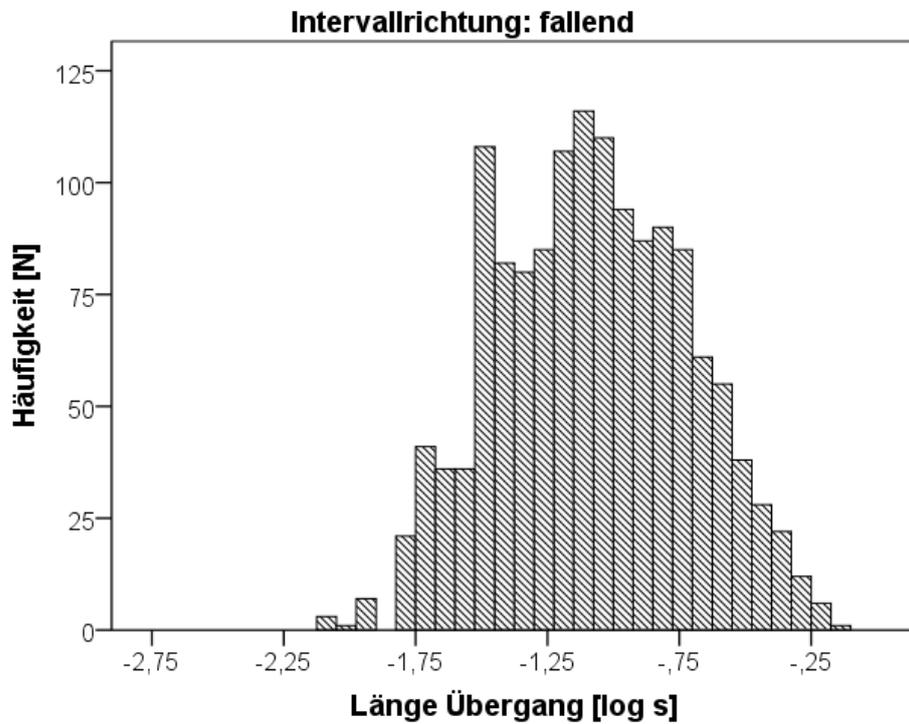


Abbildung 30: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des Übergangs der fallenden Intervalle [log s]

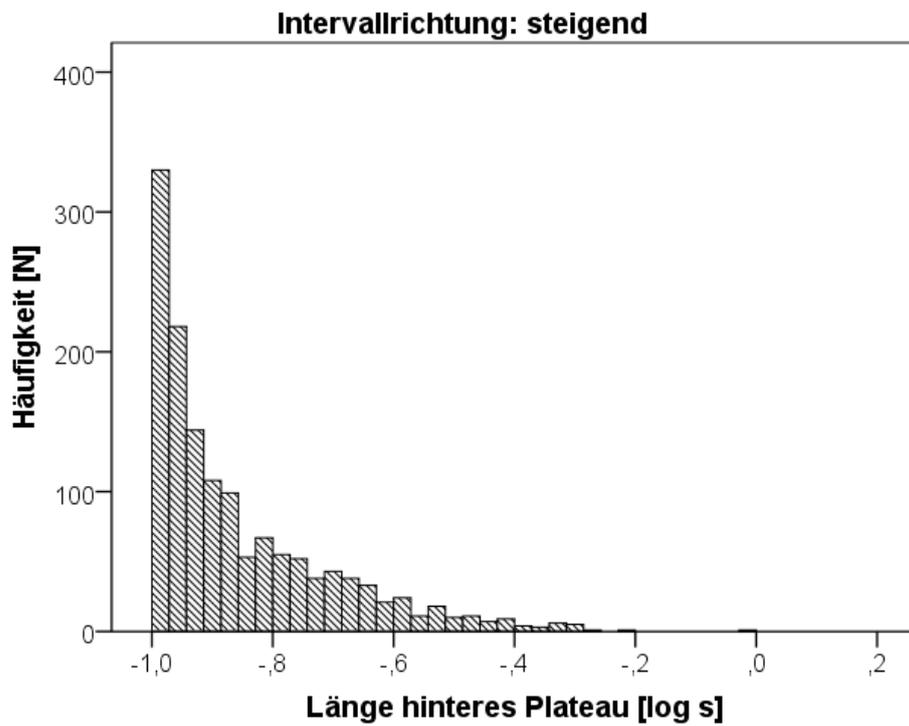


Abbildung 31: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des hinteren Plateaus der steigenden Intervalle [log s]

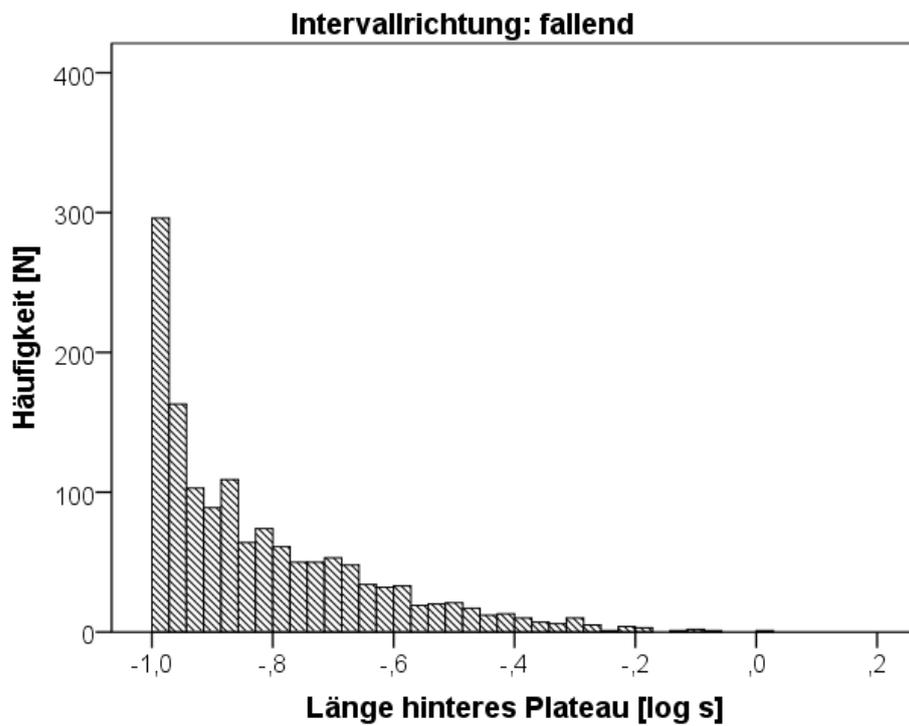


Abbildung 32: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der Länge des hinteren Plateaus der fallenden Intervalle [log s]

In einer nachfolgenden Analyse wurden die Längen der vorderen Plateaus, der Übergänge und der hinteren Plateaus spezifisch für die Intervallrichtung über die Laute eines Kindes gemittelt (arithmetischer Mittelwert). Ebenso die einzelnen Standardabweichungen. Danach wurden die kindbasierten Werte auf Normalverteilung und statistisch signifikante Unterschiede überprüft. Zur grafischen Veranschaulichung wurden sowohl die arithmetischen Mittelwerte als auch die Standardabweichungen (als einfaches Variationsmaß) der Längen von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau jeweils für die steigenden und fallenden Intervalle in Boxplots dargestellt (Abbildung 33-Abbildung 38).

Die Länge des vorderen Plateaus war laut Shapiro-Wilk-Test für die Gruppe der steigenden Intervalle nicht normalverteilt ($p=0,001$), für die Gruppe der fallenden Intervalle zeigte sich eine hinreichende Normalverteilung ($p=0,224$). Die Gruppenunterschiede waren laut Wilcoxon-Test statistisch signifikant ($p<0,001$). Die Standardabweichung war ebenfalls für die Gruppe der steigenden Intervalle nicht normalverteilt ($p<0,001$), für die der fallenden Intervalle zeigte der Shapiro-Wilk-Test eine hinreichende Normalverteilung ($p=0,256$). Die Gruppenunterschiede zeigten auch hier eine statistische Signifikanz (Wilcoxon-Test, $p=0,006$).

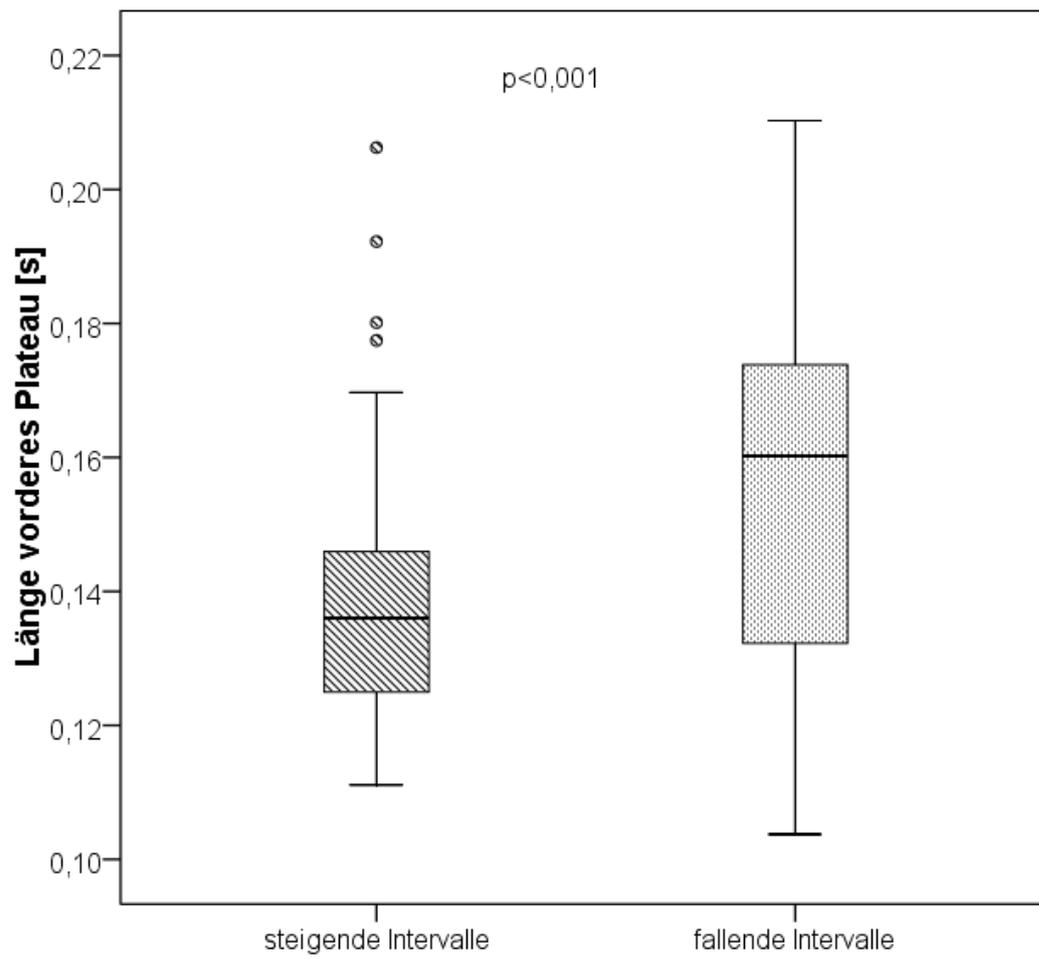


Abbildung 33: Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Längen des vorderen Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [s]

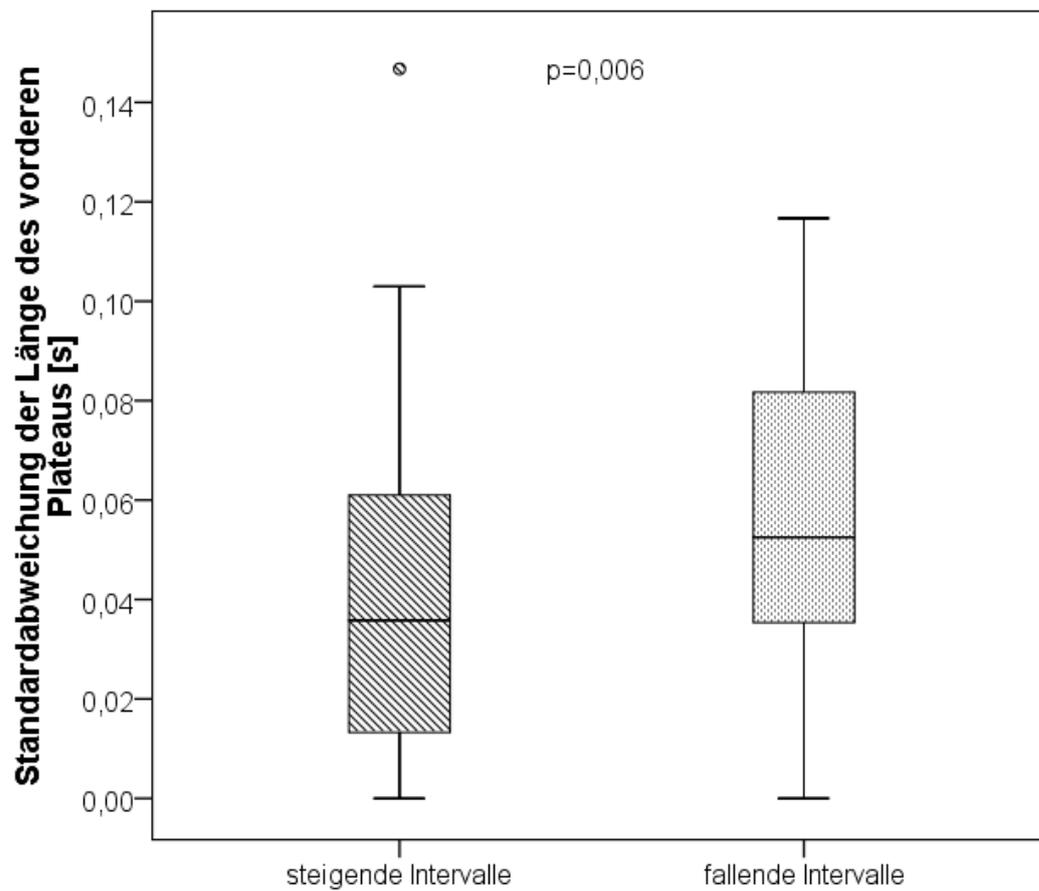


Abbildung 34: Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Standardabweichung der Längen des vorderen Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [s]

Die Kindmittel für die Länge des Übergangs zeigte nach Logarithmieren sowohl bei den steigenden ($p=0,94$) als auch bei den fallenden Intervallen ($p=0,441$) eine hinreichende Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test). Die Gruppenunterschiede waren laut t-Test statistisch signifikant ($p=0,012$). Die kindgemittelten Werte der Standardabweichungen des Übergangs waren weder für die steigenden ($p<0,001$) noch für die fallenden Intervalle ($p=0,018$) normalverteilt. Die Gruppenunterschiede zeigten laut Wilcoxon-Test eine statistische Signifikanz ($p<0,001$).

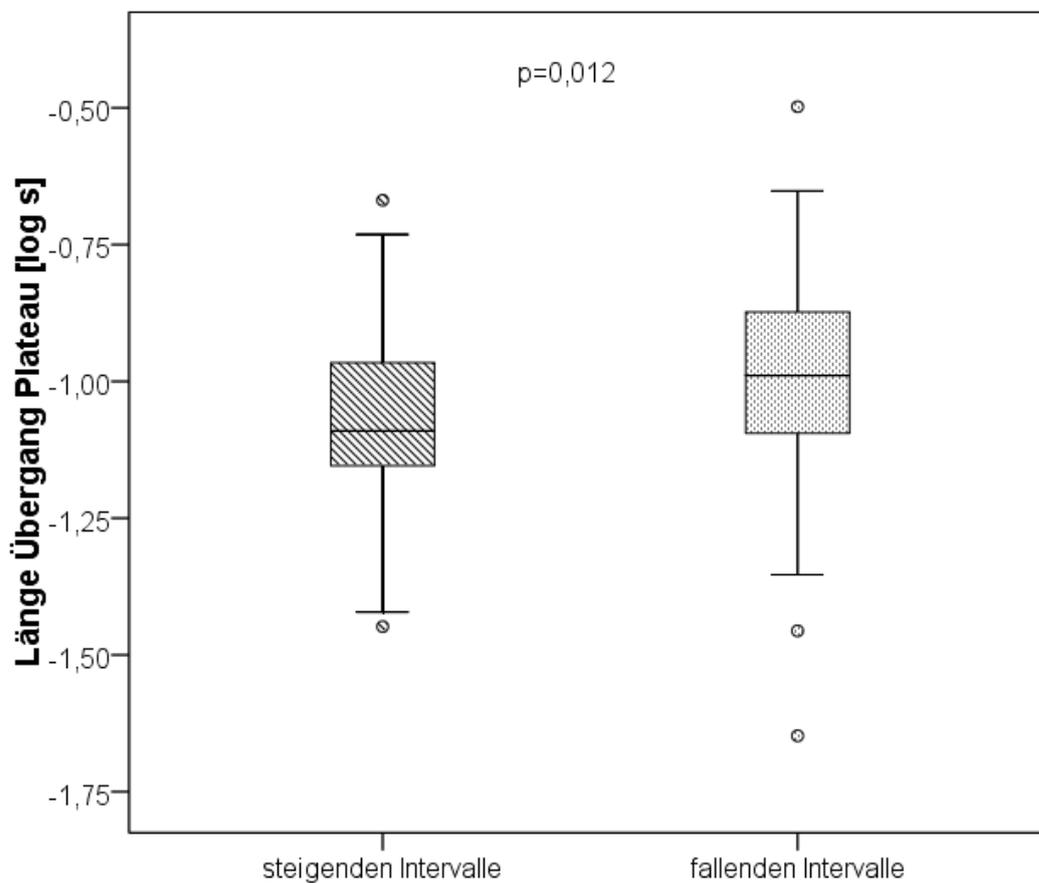


Abbildung 35: Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Längen des Übergangs der steigenden und fallenden Intervalle [log s]

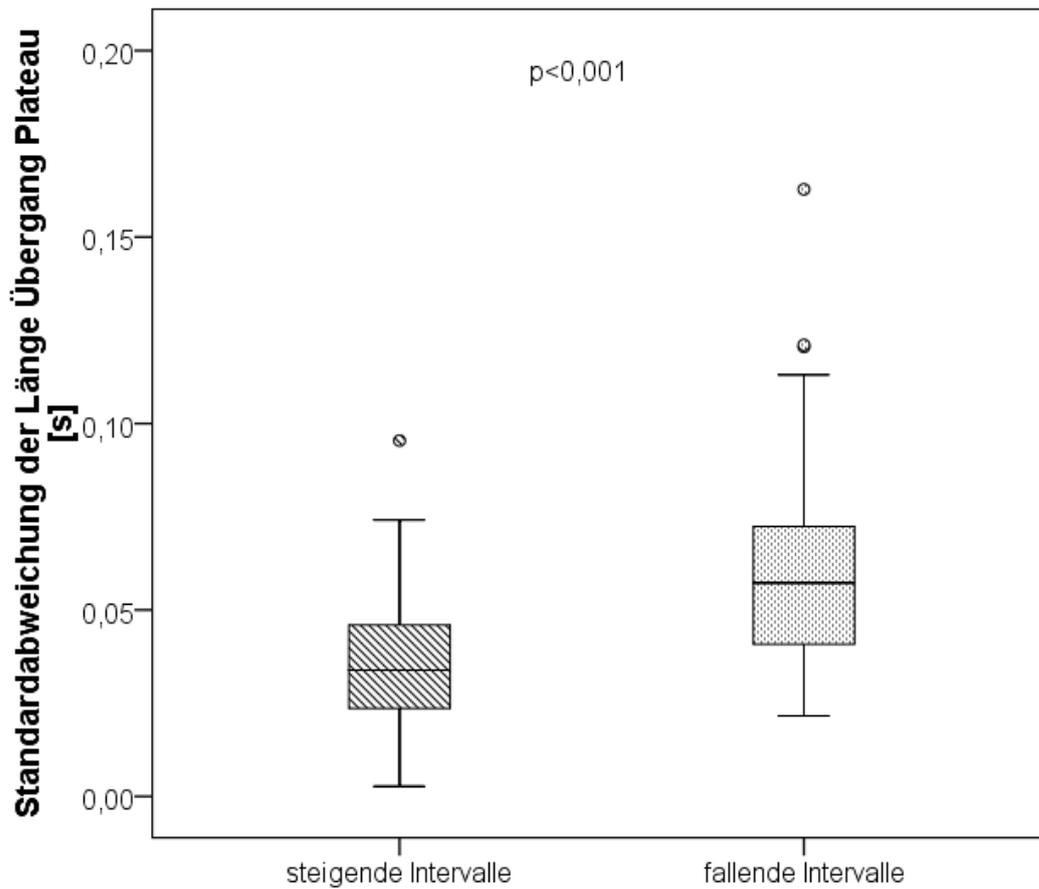


Abbildung 36: Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Standardabweichungen der Länge des Übergangs der steigenden und fallenden Intervalle [s]

Die Länge des hinteren Plateaus war nach Logarithmieren sowohl für die Gruppe der steigenden ($p=0,301$) als auch der fallenden Intervalle ($p=0,073$) normalverteilt. Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen waren statistisch signifikant (t-Test: $p=0,001$). Die Standardabweichung zeigte für die Gruppe der steigenden Intervalle keine hinreichende Normalverteilung ($p=0,001$). Die Werte in der Gruppe der fallenden Intervalle waren laut Shapiro-Wilk hinreichend normalverteilt ($p=0,199$). Die Gruppenunterschiede waren laut Wilcoxon-Test statistisch signifikant ($p=0,017$).

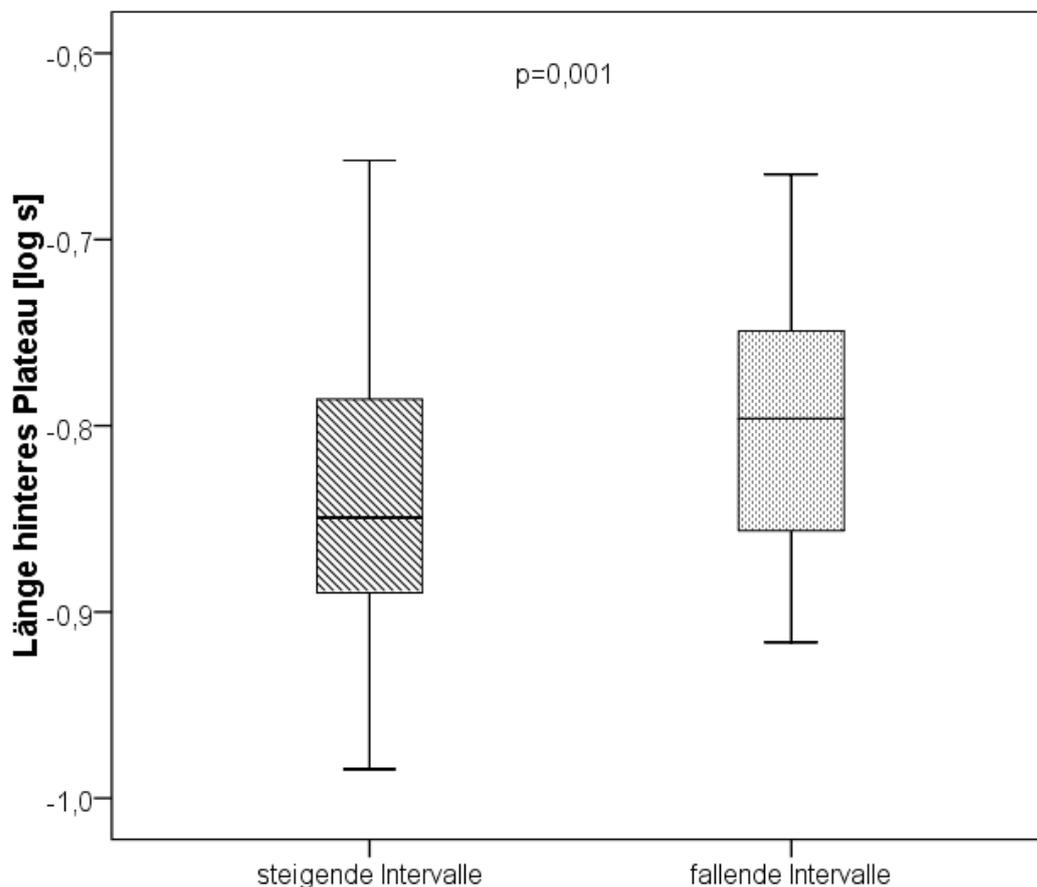


Abbildung 37: Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Längen des hinteren Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [log s]

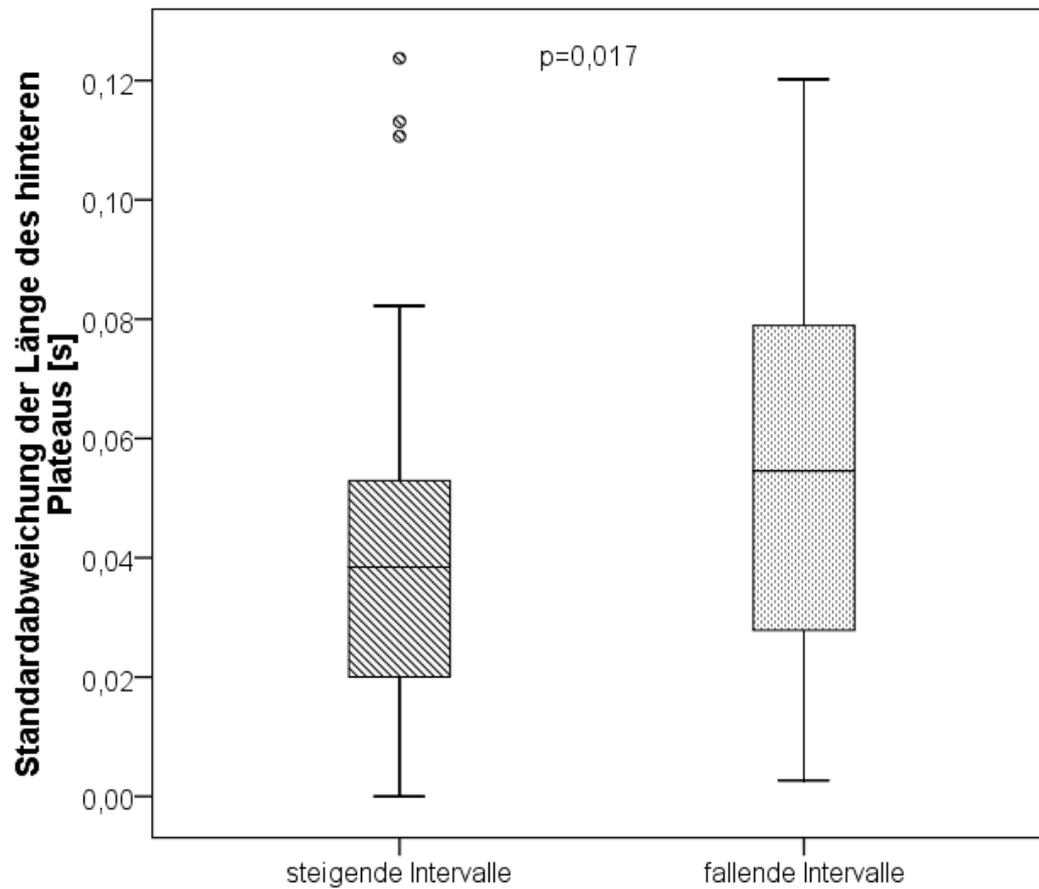


Abbildung 38: Boxplot: Verteilung der laut- und kindgemittelten Standardabweichungen der Längen des hinteren Plateaus der steigenden und fallenden Intervalle [s]

3.3 Untersuchung der Grundfrequenz F_0

Die Untersuchung der Frequenzeigenschaften bezüglich F_0 der Intervallstrukturen wurde ebenfalls basierend auf den einzelnen Lauten durchgeführt. Die folgenden Unterkapitel befassen sich einerseits mit der Analyse der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau und andererseits mit der F_0 -Variabilität von vorderem Plateau, hinterem Plateau und Übergang. Für die geometrischen Mittelwerte wurden alle F_0 -Werte eines Plateaus gemittelt. Aus diesen ergab sich dann eine Regressionsgerade, die hier dem Plateau entspricht. Die F_0 -Variabilität berechnet sich aus den gemittelten Differenzen der F_0 -Werte zur Regressionsgeraden. In den letzten beiden Unterkapiteln werden die Tonhöhenverhältnisse der Intervalle behandelt.

Sowohl die geometrischen F_0 -Mittelwerte als auch die F_0 -Variabilität wurden auf hinreichende Normalverteilung überprüft. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen der Gruppe der steigenden und fallenden Intervalle wurden für diese Variablen nicht ermittelt.

3.3.1 Geometrische F_0 -Mittelwerte bezogen auf alle identifizierten Intervallstrukturen

Zunächst wurden die geometrischen F_0 -Mittelwerte für die Gesamtheit der Intervalle betrachtet. Tabelle 17 (S.88) zeigt die deskriptive Statistik der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau. Der Mittelwert war mit 418 Hz vorne und 417 Hz hinten faktisch identisch. Der Medianwert des vorderen Plateaus zeigte keine große Differenz zum entsprechenden Mittelwert, was für eine symmetrische Verteilung der Daten spricht. Der Medianwert des hinteren Plateaus wies allerdings einen etwas größeren Unterschied zu seinem entsprechenden Mittelwert auf. Einen deutlichen Unterschied zeigte der Minimalwert, der bei dem vorderen Plateau bei 240 Hz lag und bei dem hinteren bei 176 Hz. Ein etwas geringerer Unterschied bestand zwischen den Maximalwerten (Tabelle 17).

Tabelle 17: Deskriptive Analyse der geometrischen F₀-Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau in [Hz]

	Mittelwert (±SD) [Hz]	Median [Hz]	Min [Hz]	Max [Hz]	25. Perzentile [Hz]	75. Perzentile [Hz]
Geometrischer F₀-Mittelwert vorderes Plateau	417,96 (± 60,43)	413,83	239,68	661,51	377,74	449,72
Geometrischer F₀-Mittelwert hinteres Plateau	417,49 (± 64,42)	411,12	176,19	639,10	373,64	457,53

Die geometrischen Mittelwerte des vorderen und hinteren Plateaus wurden mittels des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung untersucht. Dieser ergab nach Logarithmieren allerdings keine hinreichende Normalverteilung ($p < 0,001$). Die nachfolgenden beiden Histogramme (Abbildung 39 und Abbildung 40) veranschaulichen die Verteilungseigenschaften der geometrischen F₀-Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau noch einmal grafisch. Aufgrund der normalverteilungähnlicheren Darstellung wurden auch hier die logarithmierten Werte verwendet.

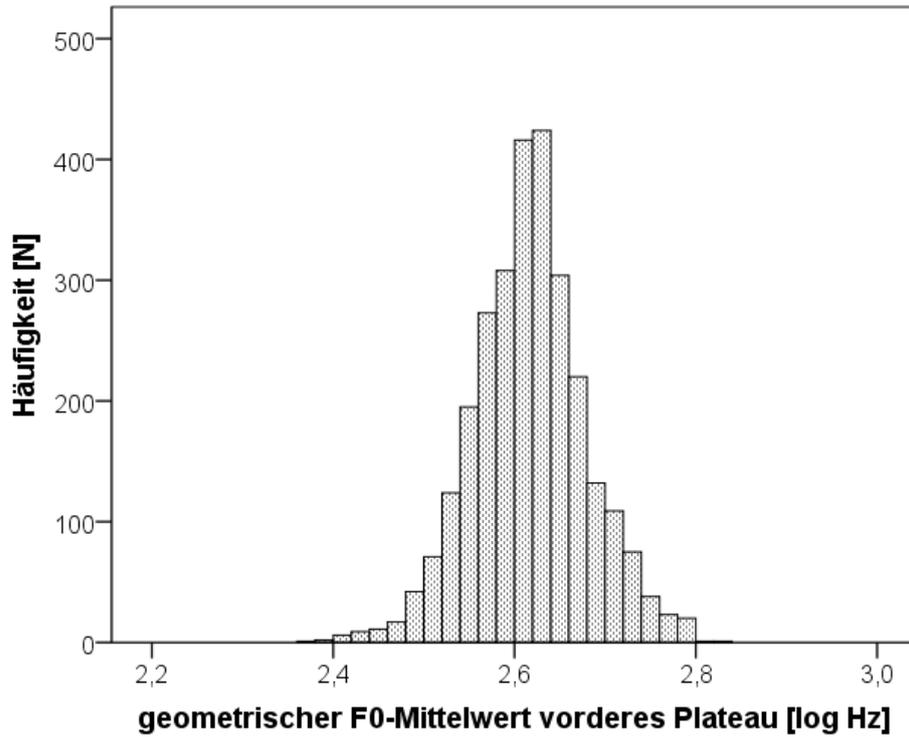


Abbildung 39: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte des vorderen Plateaus [log Hz]

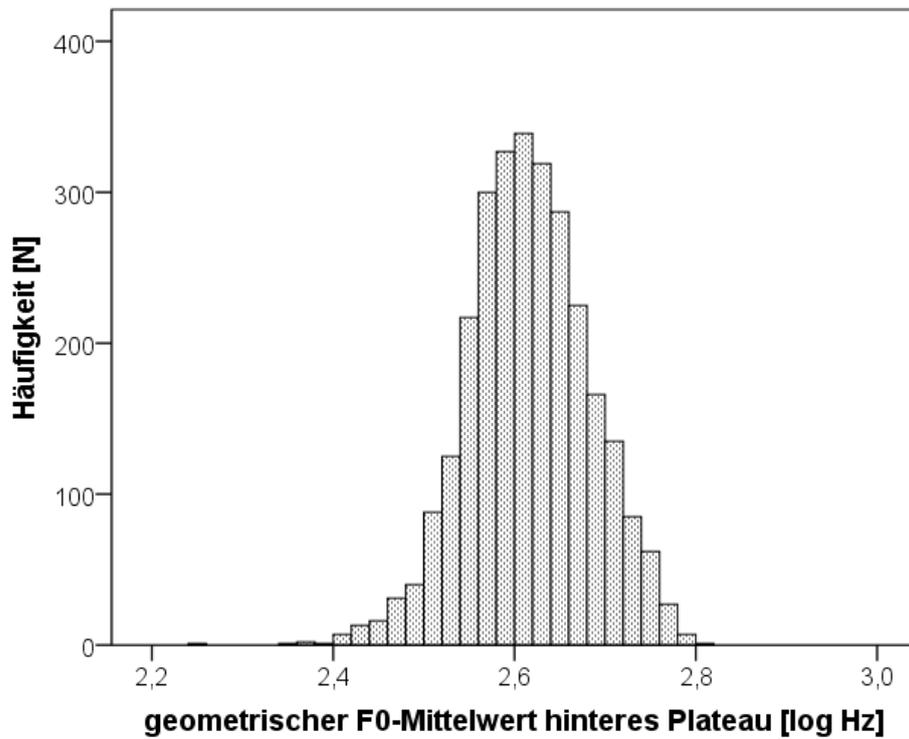


Abbildung 40: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte des hinteren Plateaus [log Hz]

3.3.2 Geometrische F₀-Mittelwerte im Vergleich steigender und fallender Intervalle

Nachfolgend ist in den beiden Tabellen (Tabelle 18 und Tabelle 19) die deskriptive Statistik der geometrischen F₀-Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau innerhalb der Gruppen der steigenden und fallenden Intervalle beschrieben.

Betrachtet man die Mittelwerte, fällt ein Unterschied von 30 Hz zwischen den vorderen Plateaus auf. Noch stärker ist der Unterschied für die hinteren Plateaus (51 Hz). Ebenfalls Unterschiede zeigten sowohl die Minimal- als auch die Maximalwerte.

Tabelle 18: Deskriptive Analyse der geometrischen F₀-Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [Hz]

steigend						
	Mittelwert (±SD) [Hz]	Median [Hz]	Min [Hz]	Max [Hz]	25. Perzentile [Hz]	75. Perzentile [Hz]
Geometrischer F₀-Mittelwert vorderes Plateau	402,78 (± 53,09)	403,54	239,68	618,61	366,79	433,11
Geometrischer F₀-Mittelwert hinteres Plateau	442,63 (± 61,75)	439,93	261,63	639,10	396,06	483,70

Tabelle 19: Deskriptive Analyse der geometrischen F₀-Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [Hz]

fallend						
	Mittelwert (±SD) [Hz]	Median [Hz]	Min [Hz]	Max [Hz]	25. Perzentile [Hz]	75. Perzentile [Hz]
Geometrischer F₀-Mittelwert vorderes Plateau	433,13 (± 63,46)	427,12	253,56	661,51	391,76	467,14
Geometrischer F₀-Mittelwert hinteres Plateau	392,39 (± 56,81)	388,54	176,19	606,20	356,12	423,31

Das Boxplot in Abbildung 41 veranschaulicht (lautbasiert) grafisch die Verteilung der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau in den beiden Gruppen der steigenden und fallenden Intervalle. Gut erkennbar sind die Unterschiede zwischen den geometrischen Mittelwerten der vorderen Plateaus und denen der hinteren Plateaus. Auffallend ist, dass die Boxen des geometrischen F_0 -Mittelwerts des vorderen, steigenden Plateaus große Ähnlichkeit mit dem des hinteren, fallenden Plateaus aufweisen, ebenso die hinteren, steigenden mit den vorderen, fallenden.

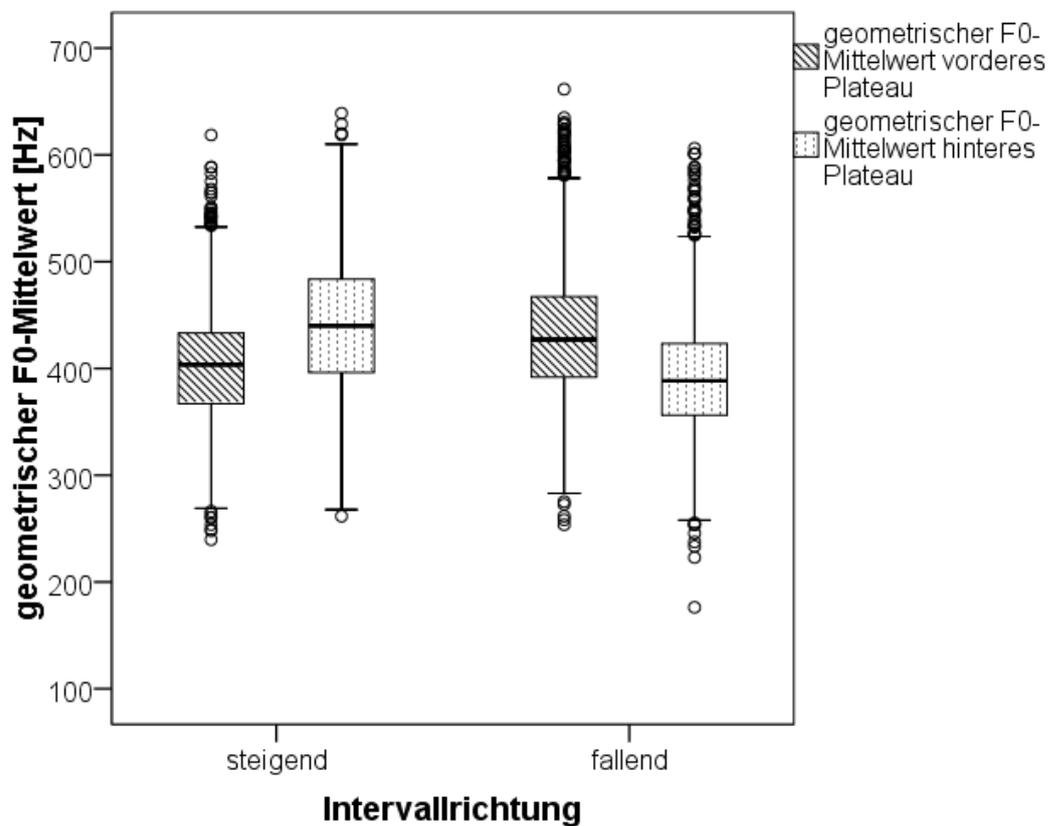


Abbildung 41: Boxplot der geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau der steigenden und fallenden Intervalle [Hz]

Eine hinreichende Normalverteilung war auch nach Logarithmieren der Werte für keinen der Parameter der beiden Gruppen (steigend/fallend) gegeben ($p < 0,001$). Die geometrischen F_0 -Mittelwerte von vorderem und hinterem Plateau wurden nach ihrer Intervallrichtung (steigend/fallend) grafisch in Histogrammen dargestellt (Abbildung 42-Abbildung 45).

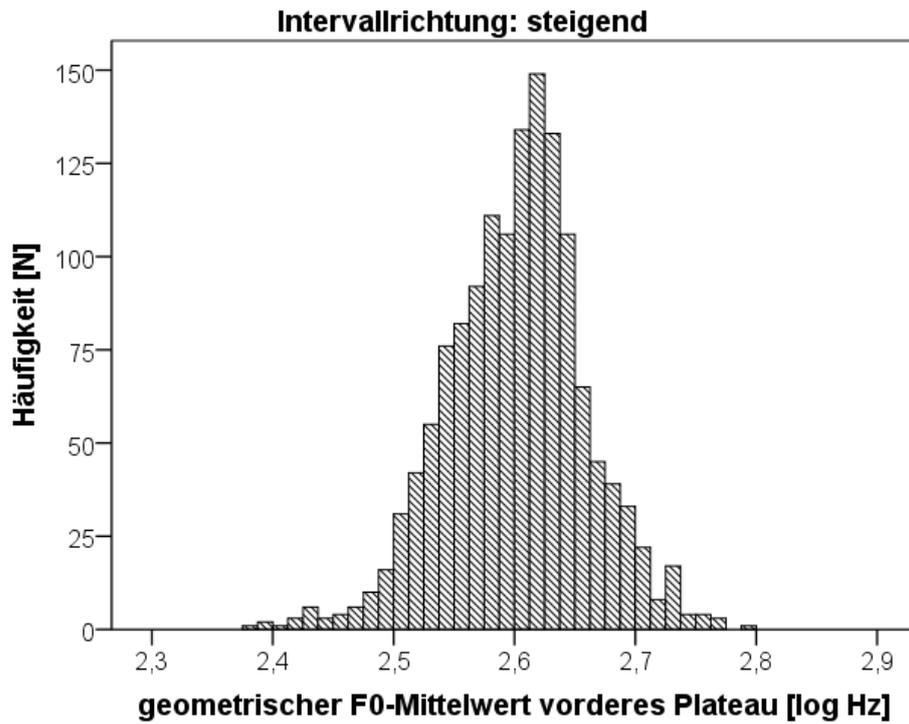


Abbildung 42: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom vorderen Plateau der steigenden Intervalle [log Hz]

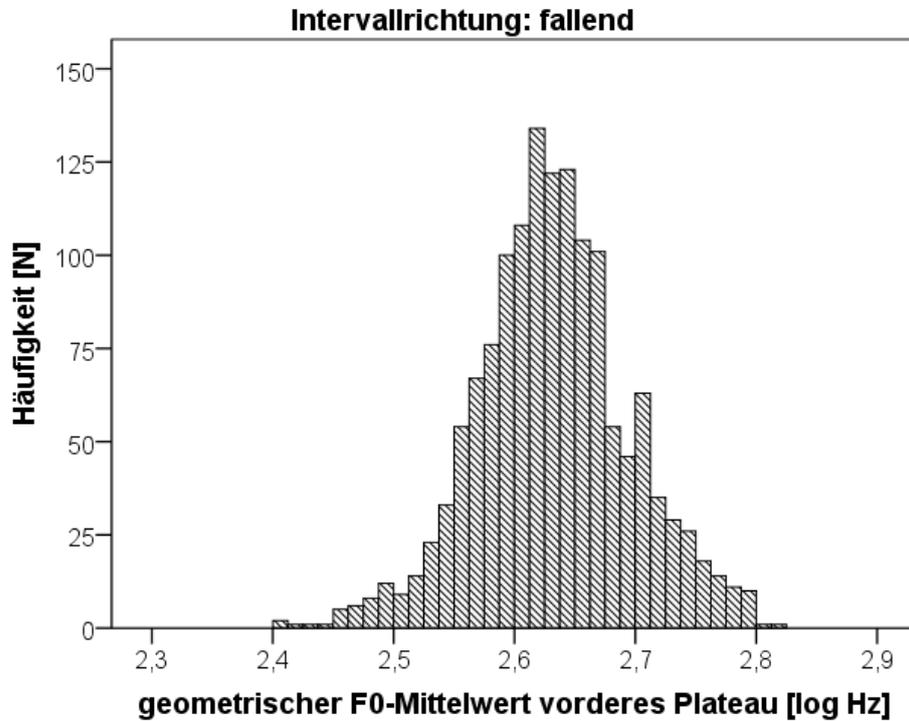


Abbildung 43: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom vorderen Plateau der fallenden Intervalle [log Hz]

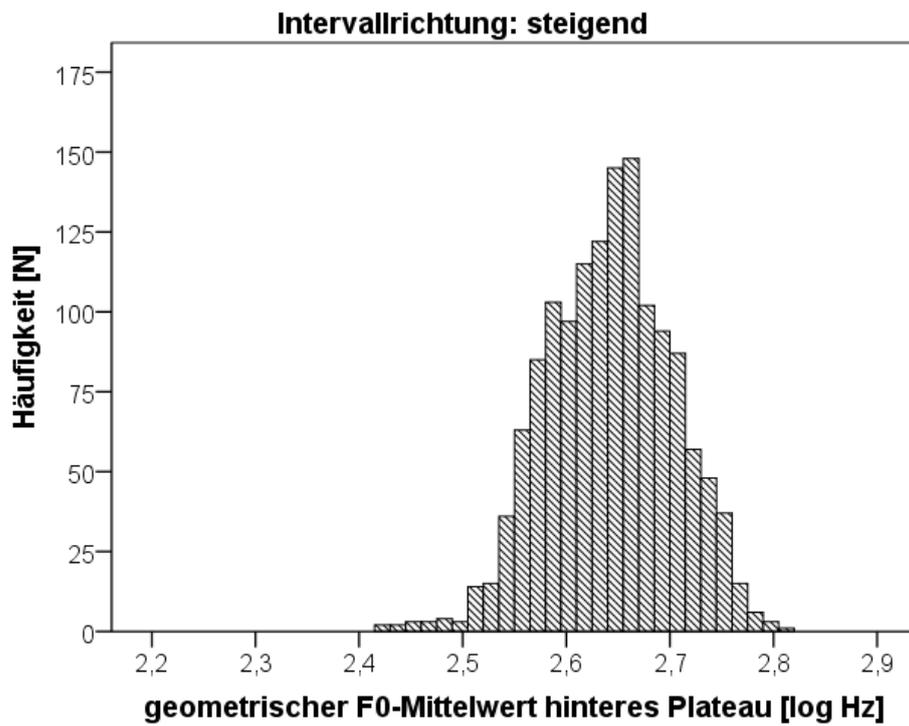


Abbildung 44: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom hinteren Plateau der steigenden Intervalle [log Hz]

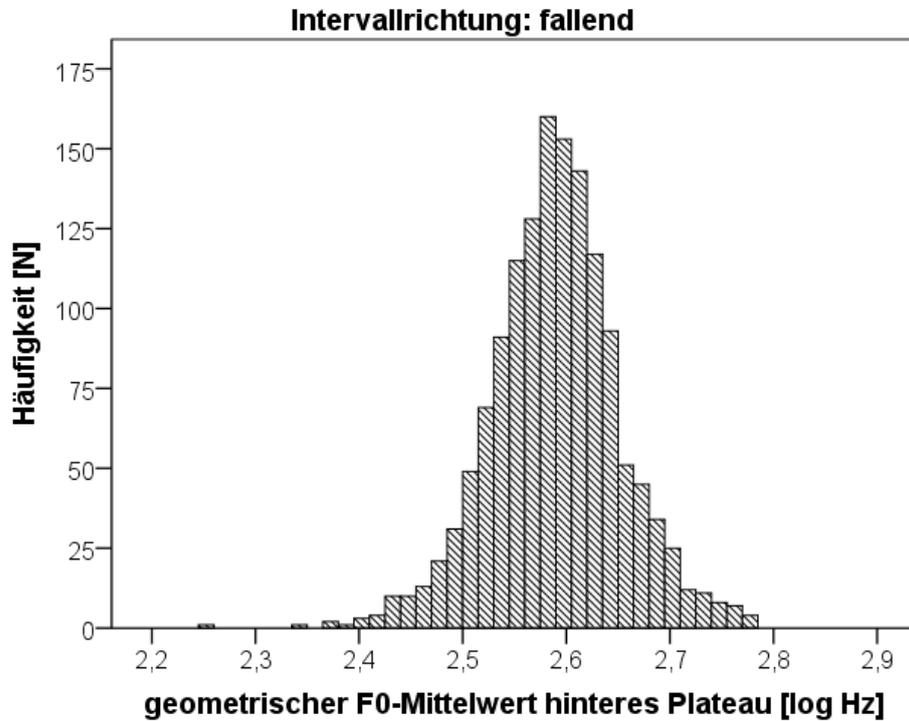


Abbildung 45: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der geometrischen F_0 -Mittelwerte vom hinteren Plateau der fallenden Intervalle [log Hz]

3.3.3 F₀-Variabilität bezogen auf alle identifizierten Intervallstrukturen

Zunächst wurde die F₀-Variabilität der Intervallstrukturen über die Gesamtheit der Intervalle betrachtet. In Tabelle 20 ist die deskriptive Statistik des vorderen Plateaus, des Übergangs und des hinteren Plateaus beschrieben. Die Mittelwerte des vorderen (2,39 Hz) und des hinteren Plateaus (2,07 Hz) zeigten einen geringen Unterschied. Die Differenz zu den entsprechenden Medianwerten war ebenfalls sehr klein. Dies spricht für eine relativ symmetrische Verteilung der Daten. Auch die Minimalwerte waren sehr ähnlich. Eine größere Differenz wiesen die Maximalwerte mit einer durchschnittlichen F₀-Variabilität von 8,44 Hz beim vorderen Plateau und 7,51 Hz beim hinteren Plateau auf. Die mittlere Variabilität von F₀ des Übergangs war mit 1,31 Hz deutlich geringer als die der Plateaus. Die maximale F₀-Variabilität des Übergangs war mit 14,19 Hz deutlich höher als diejenigen der Plateaus.

Tabelle 20: Deskriptive Analyse der F₀-Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau in [Hz]

	Mittelwert (±SD) [Hz]	Median [Hz]	Min [Hz]	Max [Hz]	25. Perzentile [Hz]	75. Perzentile [Hz]
F₀- Variabilität vorderes Plateau	2,39 (± 1,31)	2,18	0,12	8,44	1,37	3,22
F₀- Variabilität Übergang	1,31 (± 1,53)	0,76	0,04	14,19	0,44	1,48
F₀- Variabilität hinteres Plateau	2,07 (± 1,23)	1,87	0,13	7,51	1,09	2,85

Die Variabilität des vorderen Plateaus, des Übergangs und des hinteren Plateaus wurden ebenfalls auf Normalverteilung überprüft. Durch den Test auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk) konnte jedoch auch nach Logarithmierung für keinen der Parameter eine hinreichende Normalverteilung gegeben werden (p<0,001). In den folgenden Histogrammen (Abbildung 46-Abbildung 48) sind die Verteilungseigenschaften der Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und

hinterem Plateau grafisch dargestellt. Aufgrund der normalverteilungähnlicheren Darstellung wurden die logarithmierten Werte dargestellt.

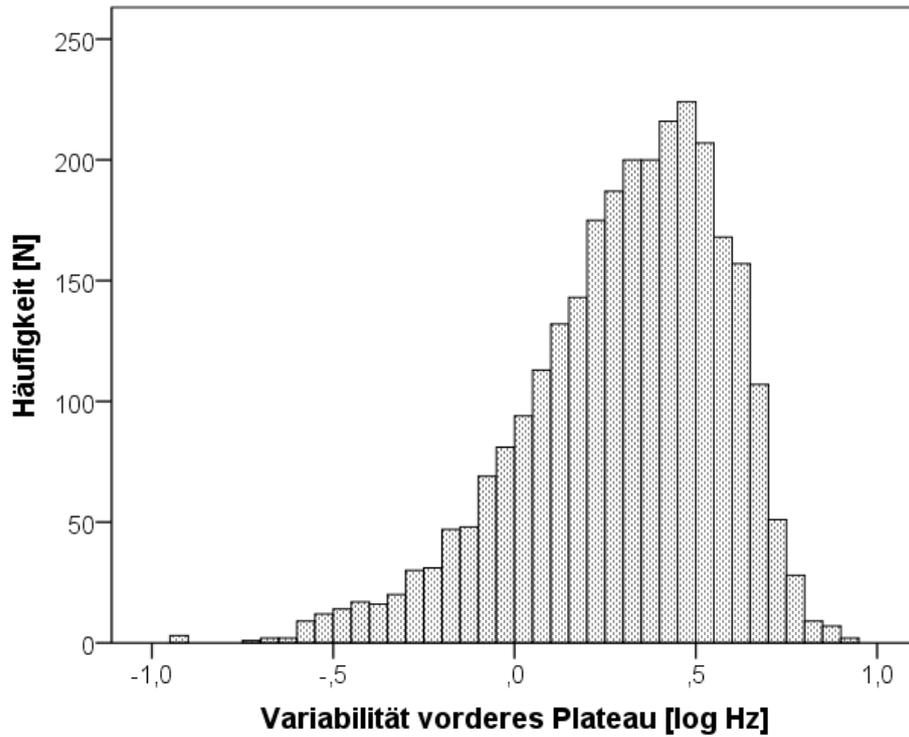


Abbildung 46: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F₀-Variabilität des vorderen Plateaus [log Hz]

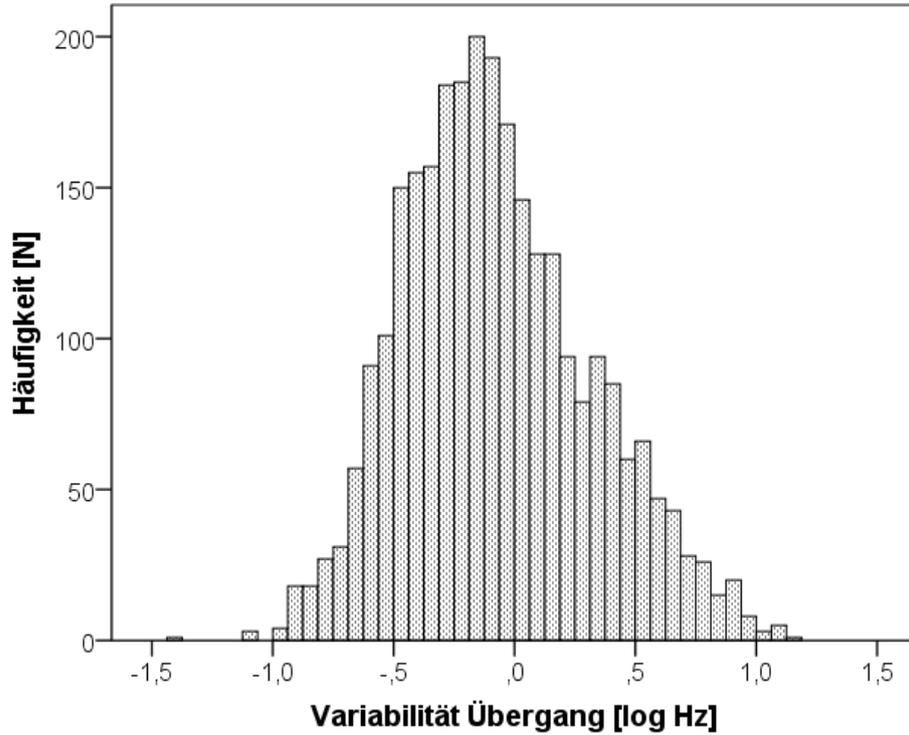


Abbildung 47: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F₀-Variabilität des Übergangs [log Hz]

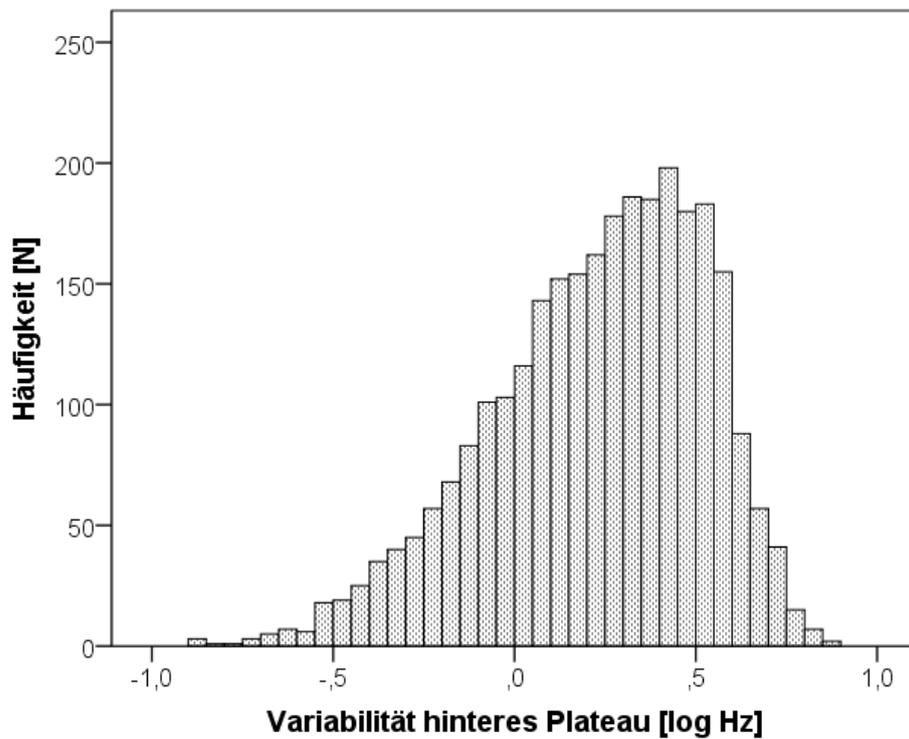


Abbildung 48: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F₀-Variabilität des hinteren Plateaus [log Hz]

3.3.4 F₀-Variabilität der Intervallstrukturen im Vergleich steigender und fallender Intervalle

Die folgenden beiden Tabellen (Tabelle 21 und Tabelle 22) zeigen die deskriptive Statistik der F₀-Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau innerhalb der Gruppen der steigenden und fallenden Intervalle.

Die Mittelwerte der F₀-Variabilität der vorderen Plateaus zeigten mit 2,48 Hz bei den steigenden und 2,30 Hz bei den fallenden Intervallen keine große Differenz. Der Minimalwert hingegen war bei den steigenden Intervallen mit 0,21 Hz fast doppelt so groß wie bei den fallenden mit 0,12 Hz. Die Maximalwerte waren gleich groß.

Auch die Mittelwerte der F₀-Variabilität des Übergangs zeigten mit 1,24 Hz und 1,38 Hz einen geringen Unterschied zwischen steigenden und fallenden Intervallen. Der Minimalwert der F₀-Variabilität bei den steigenden Intervallen war mehr als doppelt so groß wie der der fallenden. Der Maximalwert der F₀-Variabilität war im Durchschnitt um 2 Hz bei den fallenden Intervallen größer als bei den steigenden.

Die Mittelwerte der F₀-Variabilität der hinteren Plateaus bei steigenden und fallenden Intervallen zeigten nur einen geringen Unterschied. Die Minimal- und Maximalwerte der F₀-Variabilität bei steigenden und fallenden Intervallen wiesen ebenso keine großen Differenzen auf.

Ergebnisse

Tabelle 21: Deskriptive Analyse der F₀-Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der steigenden Intervalle in [Hz]

steigend						
	Mittelwert (±SD) [Hz]	Median [Hz]	Min [Hz]	Max [Hz]	25. Perzentile [Hz]	75. Perzentile [Hz]
F₀- Variabilität vorderes Plateau	2,48 (± 1,29)	2,32	0,21	8,44	1,48	3,27
F₀- Variabilität Übergang	1,24 (± 1,31)	0,77	0,10	12,46	0,46	1,45
F₀- Variabilität hinteres Plateau	2,36 (± 1,27)	2,15	0,21	7,51	1,36	3,20

Tabelle 22: Deskriptive Analyse der F₀-Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden Intervalle in [Hz]

fallend						
	Mittelwert (±SD) [Hz]	Median [Hz]	Min [Hz]	Max [Hz]	25. Perzentile [Hz]	75. Perzentile [Hz]
F₀- Variabilität vorderes Plateau	2,30 (± 1,33)	2,06	0,12	8,43	1,27	3,15
F₀- Variabilität Übergang	1,38 (± 1,72)	0,76	0,04	14,19	0,43	1,49
F₀- Variabilität hinteres Plateau	1,78 (± 1,11)	1,55	0,13	6,80	0,87	2,48

Abbildung 49 zeigt das Boxplot der F₀-Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau für die Gruppen der steigenden und fallenden Intervalle. Gut zu erkennen ist, dass jeweils die Boxen des vorderen Plateaus, des Übergangs und des hinteren Plateaus große Ähnlichkeiten aufzeigen. Besonders auffallend sind auch die vielen Ausreißer und Extremwerte, besonders bei den Boxen des Übergangs.

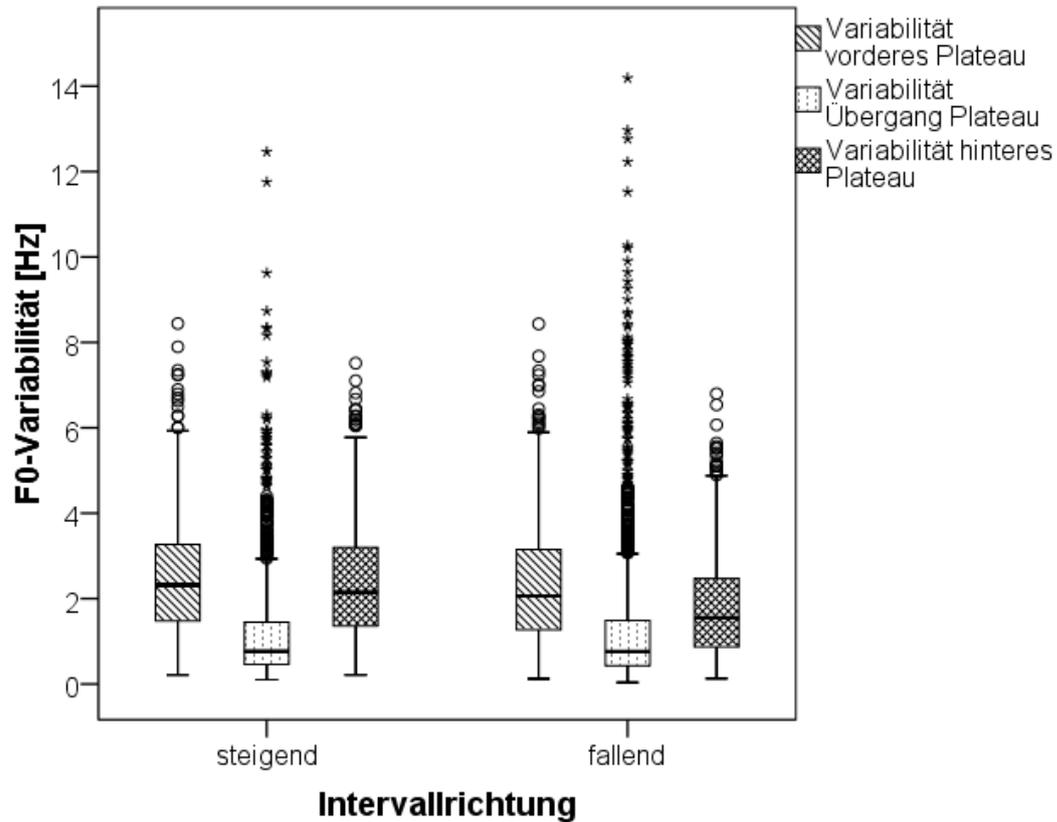


Abbildung 49: Boxplot der F₀-Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau der fallenden und steigenden Intervalle [Hz]

Innerhalb der Gruppen der steigenden und fallenden Intervalle konnte durch den Shapiro-Wilk-Test auch nach Logarithmieren keine hinreichende Normalverteilung erreicht werden ($p < 0,001$). Die F₀-Variabilität von vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau wurde nach ihrer Intervallrichtung (steigend/fallend) grafisch in Histogrammen dargestellt (Abbildung 50-Abbildung 55). Aufgrund der normalverteilungsähnlicheren Darstellung der logarithmierten Werte, wurden diese zur grafischen Veranschaulichung verwendet.

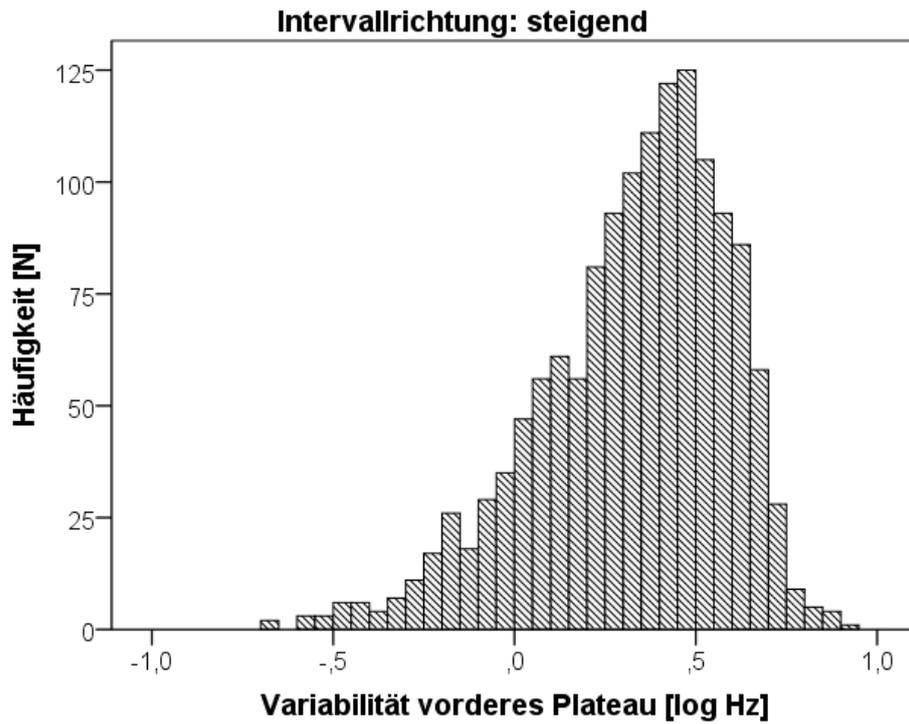


Abbildung 50: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom vorderen Plateau der steigenden Intervalle [log Hz]

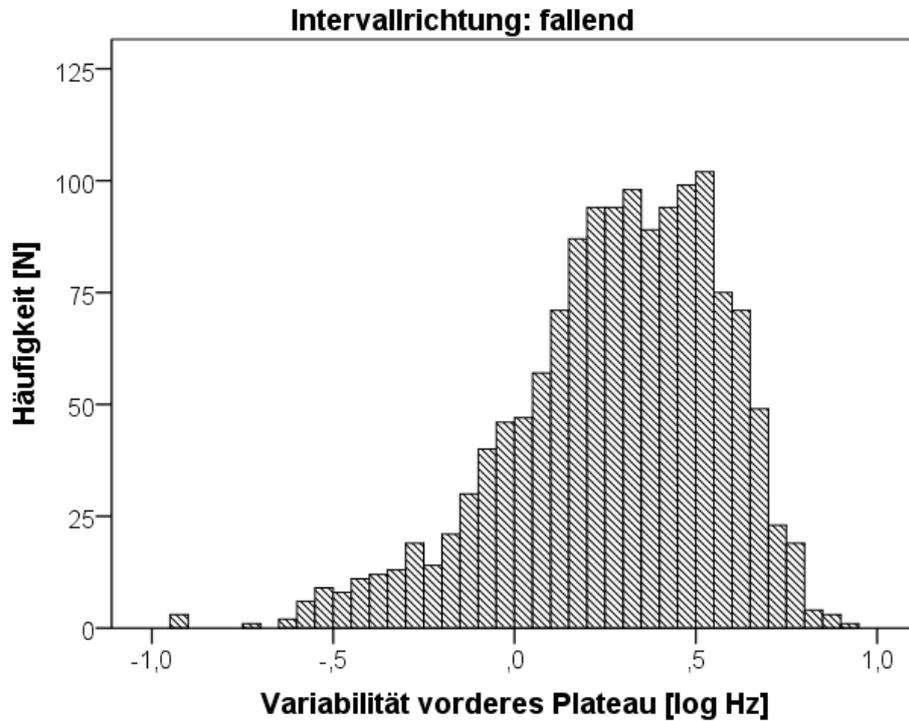


Abbildung 51: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom vorderen Plateau der fallenden Intervalle [log Hz]

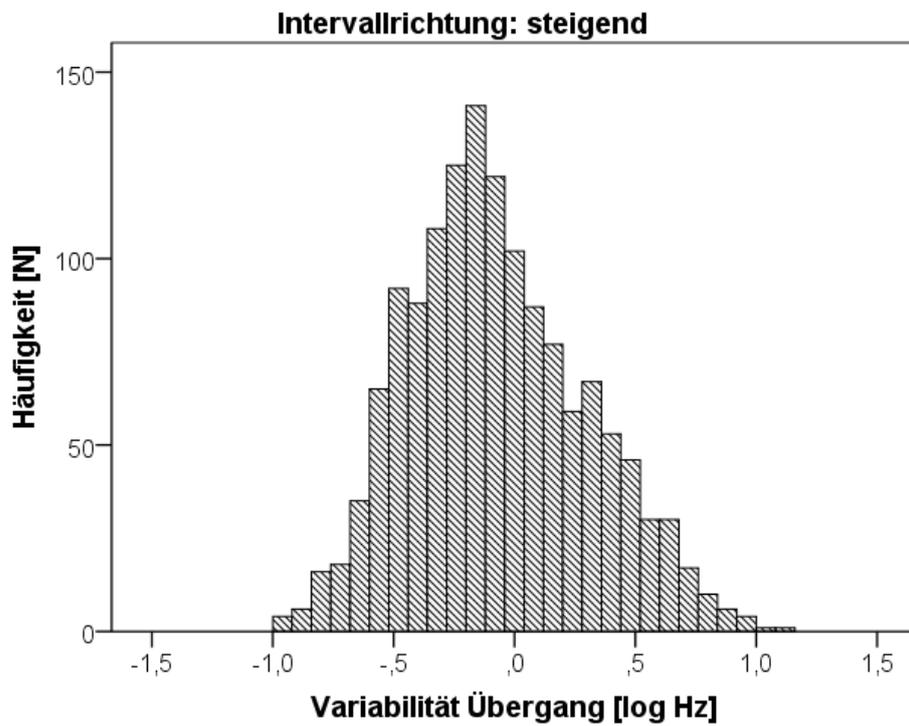


Abbildung 52: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom Übergang der steigenden Intervalle [log Hz]

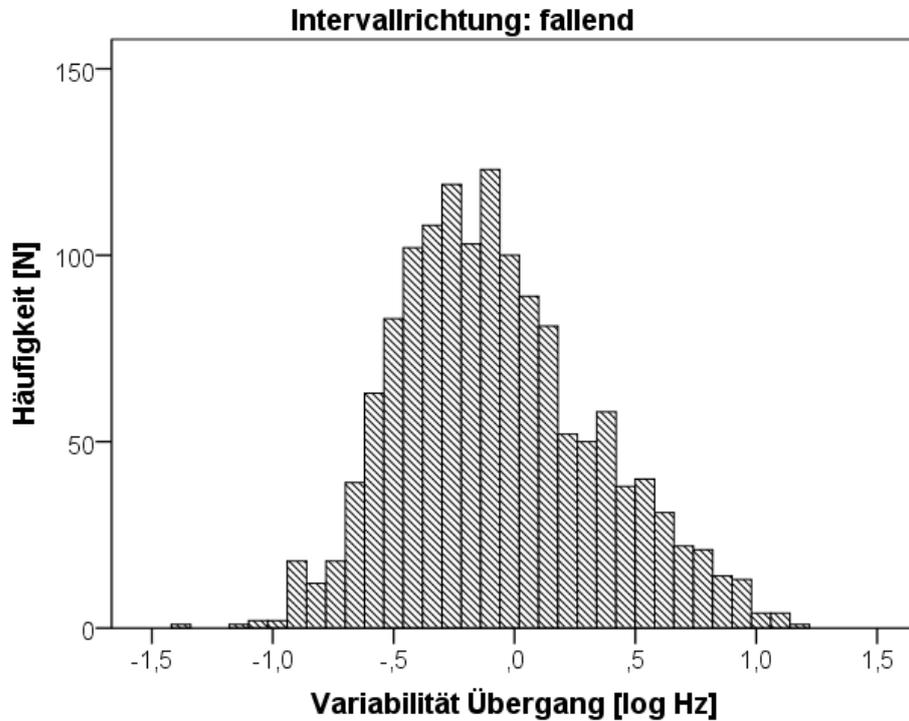


Abbildung 53: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom Übergang der fallenden Intervalle [log Hz]

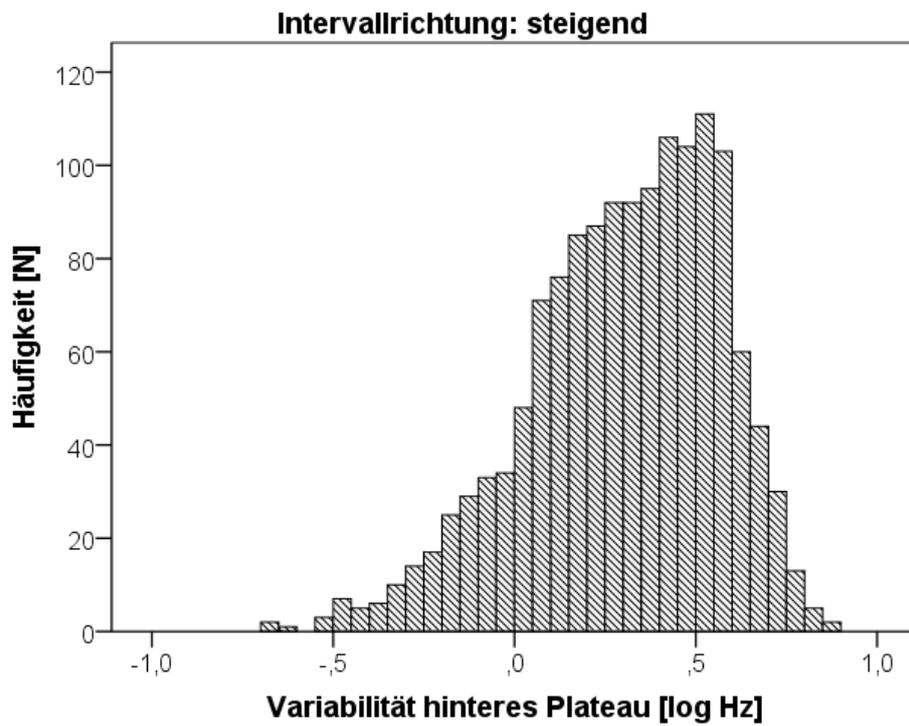


Abbildung 54: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom hinteren Plateau der steigenden Intervalle [log Hz]

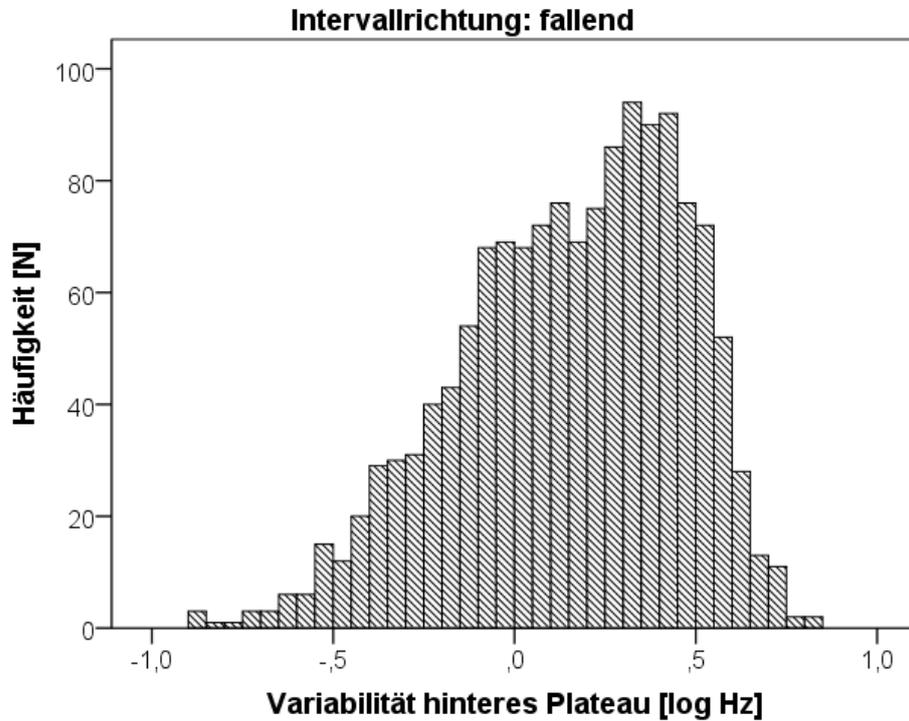


Abbildung 55: Histogramm: Verteilung der logarithmierten Werte der F_0 -Variabilität vom hinteren Plateau der fallenden Intervalle [log Hz]

3.3.5 Tonhöhenverhältnisse in allen identifizierten Intervallstrukturen

Tabelle 23 gibt Auskunft über die absoluten Häufigkeiten und prozentualen Anteile der vermessenen Intervalle bezüglich ihrer Tonhöhenverhältnisse (Frequenzverhältnisse). Die Kategorien wurden, wie in Kapitel 2.5.4 beschrieben, nach der gleichmäßig temperierten Stimmung berechnet. Die Grenzen der musikalischen Intervalle wurden erweitert und somit der Begriff der zentralen Intervalle vereinfacht. Das Frequenzverhältnis der vermessenen Intervalle wurde mithilfe der geometrischen F_0 -Mittelwerte berechnet (vgl. Kapitel 2.5.4).

Deutlich zu erkennen ist, dass die kleine Sekunde mit über 50 % den größten Anteil in den 2822 Intervallen aufwies. Darauf folgte mit einem prozentualen Anteil von 19,3 % die große Sekunde. Mit Ausnahme der Prime (10,2 %), und der kleinen Septime (<0,1 %) zeigten die Tonhöhenverhältnisse eine Abnahme der Häufigkeit mit zunehmender Größe des Frequenzabstandes.

Ergebnisse

Tabelle 23: Häufigkeiten der Intervall-Tonhöhenverhältnisse

Tonhöhenverhältnisse		
	Häufigkeit [N]	Häufigkeit [%]
Prime	288	10,2
Kleine Sekunde	1458	51,7
Große Sekunde	544	19,3
Kleine Terz	239	8,5
Große Terz	135	4,8
Quarte	74	2,6
Verminderte Quinte	51	1,8
Quinte	18	0,6
Kleine Sexte	7	0,2
Große Sexte	5	0,2
Kleine Septime	1	<0,1
Große Septime	2	0,1
Gesamtsumme	2822	100,0

Das nachfolgende Balkendiagramm (Abbildung 56) visualisiert die Häufigkeiten der vermessenen Intervalle noch einmal. Gut zu erkennen ist die große Häufigkeit der kleinen Sekunde. Die große Sekunde beträgt fast nur noch ein Drittel der Häufigkeit der kleinen Sekunde. Im Diagramm kann man gut erkennen, dass die Häufigkeit mit zunehmender Größe des Intervallabstandes sinkt. Einzige Ausnahme bilden nur die Prime und die kleine Septime. Die genauen Häufigkeitsangaben können der vorangegangenen Tabelle 23 entnommen werden.

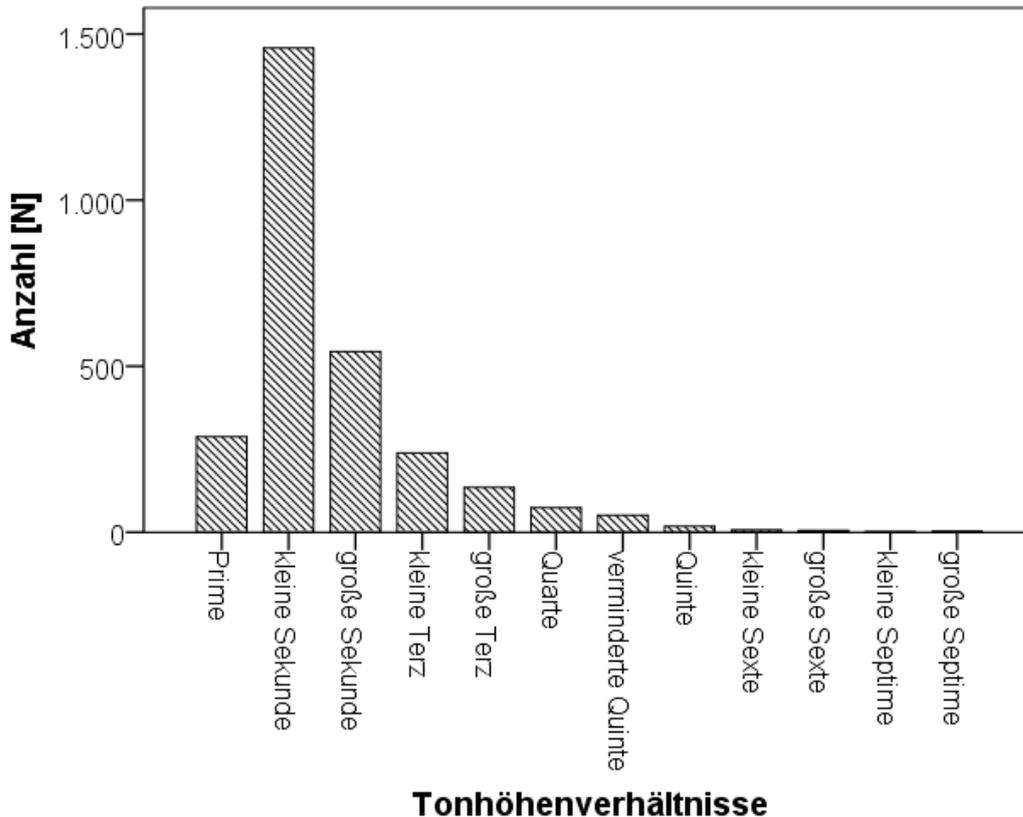


Abbildung 56: Balkendiagramm der Intervall-Tonhöhenverhältnisse [N]

3.3.6 Tonhöhenverhältnisse in den Intervallstrukturen im Vergleich steigender und fallender Intervalle

Die Verteilung der Tonhöhenverhältnisse wurde nachfolgend auch für die Gruppe der steigenden und fallenden Intervalle betrachtet. Tabelle 24 gibt eine Übersicht über die absoluten und prozentualen Häufigkeiten der Tonhöhenverhältnisse in steigenden und fallenden Intervallen. Die Prime wies in beiden Gruppen eine identische Häufigkeit auf. Auch innerhalb der beiden Gruppen zeigte die kleine Sekunde das häufigste und die große Sekunde das zweithäufigste Vorkommen. Allerdings trat die kleine Sekunde in der Gruppe der fallenden Intervalle etwas häufiger auf als in der Gruppe der steigenden. Die große Sekunde hingegen zeigte ein deutlich häufigeres Vorkommen in steigenden Intervallen, ebenso die kleine und die große Terz. Von der Quarte bis zur großen Septime hin zeigten die Häufigkeiten in der Gruppe der fallenden Intervalle größere Werte als in der

Ergebnisse

Gruppe der steigenden. Die große Sexte und die kleine Septime kamen in der Gruppe der steigenden Intervalle überhaupt nicht vor.

Tabelle 24: Häufigkeiten der Tonhöhenverhältnisse der steigenden und fallenden Intervalle

	Tonhöhenverhältnisse			
	steigend		fallend	
	Häufigkeit [N]	Häufigkeit [%]	Häufigkeit [N]	Häufigkeit [%]
Prime	144	10,2	144	10,2
Kleine Sekunde	705	50,0	753	53,3
Große Sekunde	307	21,8	237	16,8
Kleine Terz	127	9,0	112	7,9
Große Terz	76	5,4	59	4,2
Quarte	28	2,0	46	3,3
Verminderte Quinte	15	1,1	36	2,5
Quinte	6	0,4	12	0,8
Kleine Sexte	1	0,1	6	0,4
Große Sexte	0	0,0	5	0,4
Kleine Septime	0	0,0	1	0,1
Große Septime	1	0,1	1	0,1
Gesamtsumme	1410	100,0	1412	100,0

Abbildung 57 zeigt noch einmal grafisch die Häufigkeiten der Tonhöhenverhältnisse bei den steigenden und fallenden Intervallen. Gut zu erkennen sind die identischen Werte der Prime und der größere Wert der kleinen Sekunde bei den fallenden Intervallen. Wie auch schon bei der Verteilung der Tonhöhenverhältnisse über alle Intervalle, erkennt man hier ebenfalls eine Abnahme der Häufigkeit mit zunehmender Größe des Intervallabstandes, sowohl bei den steigenden als auch bei den fallenden Intervallen. Einzige Ausnahme bildet nur die Prime mit dem dritthäufigsten Vorkommen.

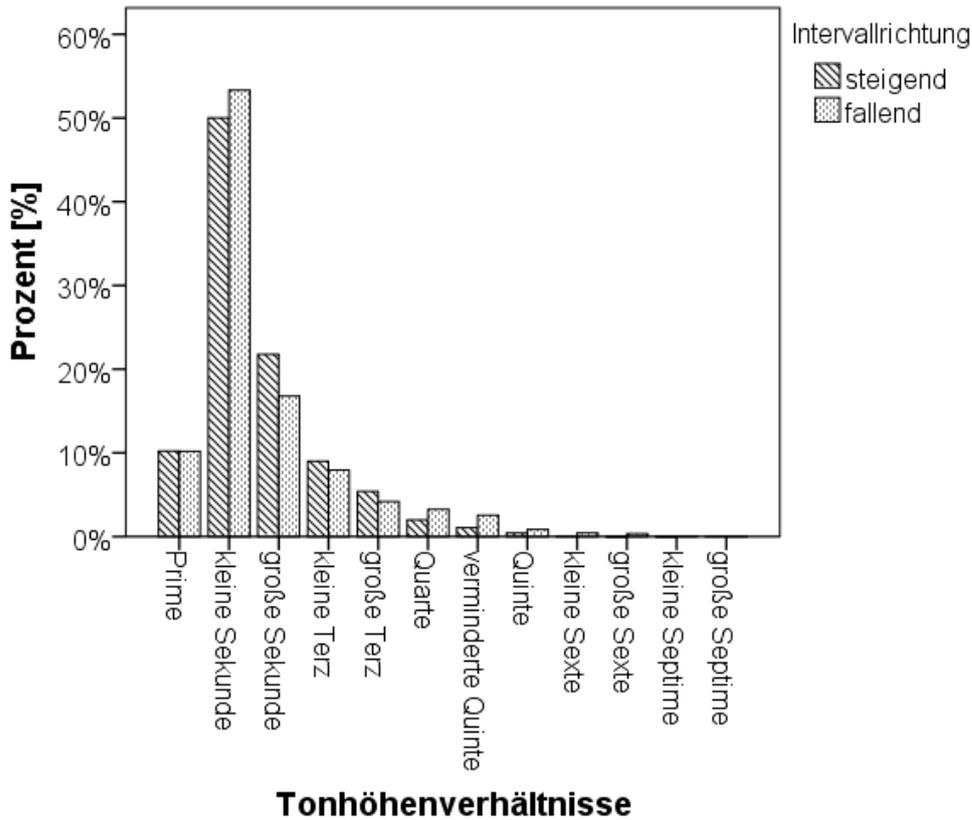


Abbildung 57: Balkendiagramm der Intervall-Tonhöhenverhältnisse der steigenden und fallenden Intervalle [%]

Die Untersuchung auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test) ergab weder für die Gruppe der steigenden ($p < 0,001$) noch für die der fallenden Intervalle ($p < 0,001$) eine hinreichende Normalverteilung. Die Gruppenunterschiede waren laut Wilcoxon-Test statistisch signifikant ($p = 0,002$). Das folgende Boxplot (Abbildung 58) zeigt die Verteilung der Frequenzverhältnisse für die Gruppe der steigenden und fallenden Intervalle. Die Asymmetrie der Boxen (Median nicht mittig, Whisker nicht gleich lang) lässt bereits auf die nicht normalverteilten Daten schließen.

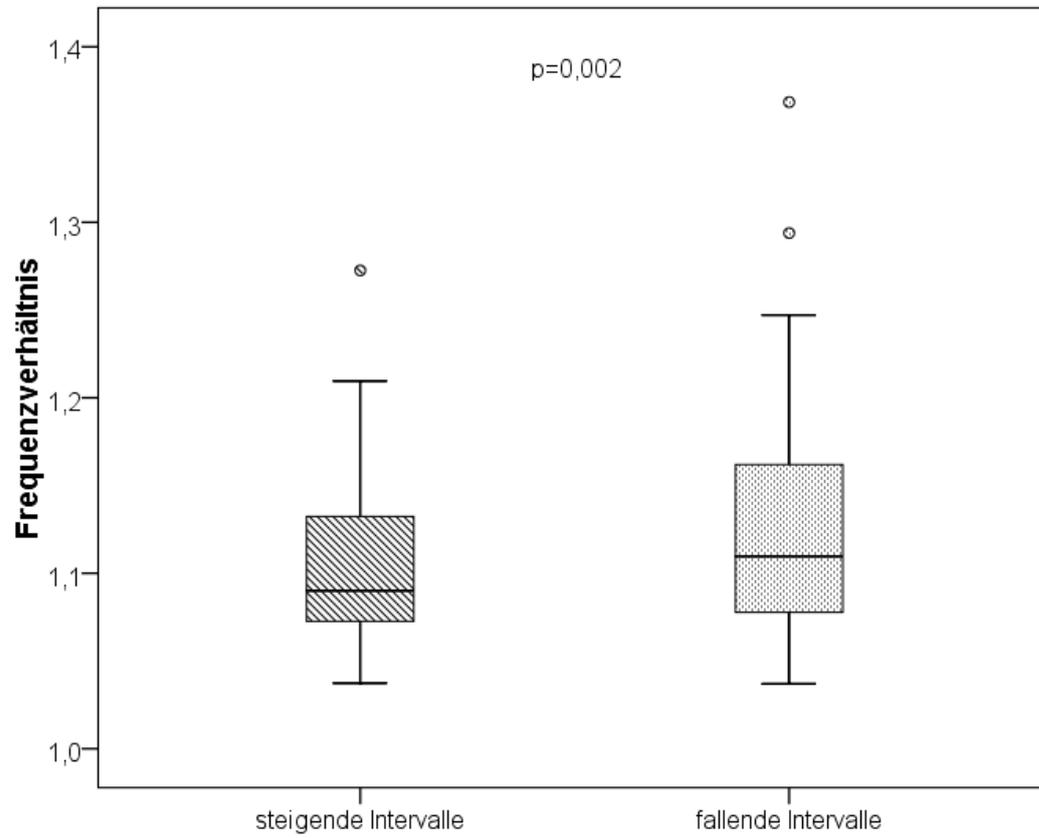


Abbildung 58: Boxplot: Verteilung der Frequenzverhältnisse der steigenden und fallenden Intervalle

4 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse

Die bei der vorliegenden Arbeit untersuchten Phänomene fallen in den Themenbereich der „musikalischen“ Leistungen von Neugeborenen und Säuglingen. Es gibt eine Reihe von Belegen dafür, dass bereits im Säuglingsalter eine musikalische Veranlagung besteht (Háden et al. 2009; Háden et al. 2015a; Háden et al. 2015b; Stefanics et al. 2007; Stefanics et al. 2009; Trehub 2001; Virtala et al. 2013; Winkler et al. 2009). Die Verarbeitung bestimmter akustischer Muster bei Säuglingen ist ähnlich der bei Erwachsenen: z.B. erkennen Sie auch eine transponierte Melodie wieder (Trehub et al. 1987). Ebenso können sie eine Melodie wiedererkennen wenn das Tempo verändert wird, allerdings nur wenn die relative Zeitdauer unverändert bleibt (Trehub und Thorpe 1989). „[...] they focus on relational rather than absolute attributes [...]“ (Trehub 2001, S. 3). Einen Beweis dafür, dass sich die Aufmerksamkeit von Neugeborenen vielmehr auf die relativen musikalischen Merkmale richtet, liefert auch die Studie von Stefanics et al. (2009). Sie konnten mit Hilfe von ERPs (event-related brain potentials) zeigen, dass Neugeborene unterschiedlich große Tonabstände (Intervalle) voneinander unterscheiden können. Tonpaare (musikalische Intervalle), die sich in ihrer absoluten Tonhöhe unterschieden, deren Abstände jedoch relativ gleich waren, bewerteten sie als gleich. Tonpaare deren Abstände relativ gesehen verschieden von den anderen waren, wurden von den Neugeborenen bzw. deren Gehirn als abweichend bewertet. Es zeigt sich also schon sehr früh eine gewisse Affinität zur Musik bei Neugeborenen und Säuglingen. Wie äußert sich diese nun in den Melodien von Neugeborenen mit einer tonalen Sprachumgebung?

In der hier durchgeführten Analyse wurden Lautäußerungen chinesischer Neugeborener im Hinblick auf Häufigkeit und Charakteristik intervallartiger F_0 -Strukturen untersucht. Ziel war es herauszufinden, ob die von Feng (laufende Dissertation) und Dahlem (2008) beschriebenen „treppenartigen“ Strukturelemente in den Melodien der Neugeborenenlaute quantifizierbar sind. Aufgrund der von Weigl (2012) gewonnenen Erkenntnisse, dass deutsche Säuglinge der zweiten Lebenswoche in ihren Lautäußerungen musikalische

Intervalle exprimieren, sollte hier untersucht werden, ob chinesische Neugeborene aufgrund der pränatalen kontinuierlichen Exposition mit einer tonalen Sprachumgebung eventuell mehr „musikalische“ Elemente in ihren Lauten erzeugen. Es war Ziel zunächst explorativ Intervallstrukturen in den Lautäußerungen zu untersuchen und diese erstmalig auch quantitativ zu charakterisieren. Die vorliegende Arbeit lief parallel zu einer anderen Dissertation, die mit identischer Methodik gleichaltrige deutsche Neugeborenenlaute (nicht-tonale Sprachumgebung) untersucht (Stephan 2016). Dadurch ist im Ergebnis beider Arbeiten ein direkter Vergleich möglich.

4.1 Auftrittshäufigkeiten der untersuchten Intervall- und Melodietypstrukturen

Die Studien von Wermke und Mende (1992), Wermke und Mende (2000), Wermke (2002), Wermke (2004), Wermke und Friederici (2004) und Wermke und Mende (2009) konnten zeigen, dass der Spracherwerb einem kontinuierlichen Entwicklungsprozess unterliegt, der auf der Lautproduktionsseite mit dem Zeitpunkt der Geburt einsetzt. Mit zunehmendem Alter zeigen die Lautäußerungen immer komplexere melodische Strukturen (ibid.). Die Komplexitätsentwicklung von zunächst einfachen, einbögigen zu komplexeren, doppel- und mehrfachböigen Melodiestructuren reflektiert die Modifikation und Kombination vorsprachlicher Rohbausteine (Protomodule). Für diesen Prozess sind komplexe neurophysiologische Verschaltungsmechanismen verantwortlich. In der vorliegenden Arbeit wurden intervallartige Strukturelemente sowohl in einfachen als auch komplexen Melodien in der ersten Lebenswoche untersucht. Die untersuchten Intervallphänomene selbst waren dabei ebenfalls einfach (Intervall-1- und -2-Strukturen) oder komplex (Intervall-3- und ≥ 4 -Strukturen).

Wie die Ergebnisse der Häufigkeitsanalyse zeigen (Kapitel 3.1.1), kamen komplexere Intervallstrukturen (Intervall-3- und ≥ 4 -Struktur) seltener vor als einfache Intervallstrukturen (Intervall-1- und -2-Struktur). Dieses Ergebnis ergänzt die oben genannte Hypothese eines Zusammenhangs zwischen dem Lebensalter und der Komplexität der geäußerten Strukturen auf einer Subebene.

Allerdings wären dafür noch Zusatzuntersuchungen im Längsschnitt erforderlich, um zu zeigen, dass die komplexeren Intervallstrukturen tatsächlich im späteren Alter häufiger vorkommen. Eine gewagte Vermutung wäre auch, dass die große Häufigkeit der Intervall-1- und -2-Strukturen im Zusammenhang mit dem Überwiegen ein- bzw. zweisilbiger Wörter in der chinesischen Sprache stehen könnte. Die ausgeprägten sprachrelevanten Perzeptionsleistungen junger Säuglinge sprechen dafür (Byers-Heinlein et al. 2010; Mehler et al. 1988; Nazzi et al. 1998), auch wenn systematische Untersuchungen dazu noch ausstehen.

Die größere Häufigkeit einfacher Intervallstrukturen sind auch bei deutschen Neugeborenen in der ersten Lebenswoche zu beobachten (Stephan 2016). Die ähnlich große Auftrittshäufigkeit der Intervallstrukturen bei chinesischen (52 %) und deutschen (62 %) Neugeborenen spricht allerdings gegen eine sprachspezifische Prägung.

Neben den Häufigkeitsanalysen für die Intervallstrukturen wurden weiterhin die Häufigkeiten der Melodietyp-II-, -IIIa- und -IIIb-Strukturen (Kapitel 3.1.1) untersucht. Die Identifikation der Melodietypstrukturen beruhte auf der Verwendung der Melodiegrafiken ohne festgelegte Kriterien. Die Identifikation dieser Strukturen erfolgte, um die vorkommenden plateauförmigen Elemente außerhalb intervallartiger Strukturen zu zählen. Der prozentuale Anteil der Melodietyp-II-Struktur an allen analysierten Lauten (± 100 %) lag bei der hier untersuchten Probandengruppe bei 7,72 %. Ähnliche Werte zeigen sich für unauffällige Säuglinge auch in der Literatur. Murry et al. (1983) untersuchten in einer Langzeitstudie unter anderem die Häufigkeit von „flachen“ Schreien (Melodietyp-II-Struktur) bei einem Mädchen in den ersten zwölf Lebenswochen. Die Auswertung erfolgte in zwei Stufen (2.-6. Lebenswoche und 8.-12. Lebenswoche) und für drei vermutete unterschiedliche Schreiursachen (Hunger, Unbehagen und mitigierte Schreie). Die prozentualen Anteile der „flachen“ Schreie ergaben sich für die beiden Altersstufen und die unterschiedlichen Schreiursachen wie folgt: Hungerschreie bei 3,9 % (2.-6. LW) bzw. 2,7 % (8.-12. LW), Unbehagens-Schreie bei 4,8 % (2.-6. LW) bzw. 4,2 % (8.-12. LW) und die mitigierte Schreie bei 8,5 % (8.-12. LW). Eine Langzeitstudie von Wermke

(2002) an deutschen monozygoten Zwillingen während den ersten 22 Lebenswochen zeigte einen relativen Anteil an Melodietyp-II-Strukturen von 9,7 %. In der Arbeit von Lind (2007) betrug dieser Anteil 4,3 %. Sie untersuchte ebenfalls deutsche Neugeborene über den Zeitraum der ersten 16 Lebenswochen. Stephan (2016) konnte in ihrer Arbeit für Neugeborene einen ähnlichen Wert berichten (7,3 %) wie der hier ermittelte. Die oben genannten Studien zeigen, dass der Anteil an Lautäußerungen mit Melodietyp-II-Strukturen bei unauffälligen Säuglingen zwischen 3 % und 10 % liegt. Der in der vorliegenden Arbeit ermittelte Wert von 7,72 % liegt somit innerhalb dieser Werte.

Auch in den Melodietyp-IIIa- und -IIIb-Strukturen kamen Plateauphänomene vor (Kapitel 3.1.1). Die prozentualen Anteile der Melodietyp-IIIa- und -IIIb-Strukturen an allen analysierten Lauten (± 100 %) zeigten mit 0,85 % und 0,33 % ein sehr seltenes Auftreten bei Neugeborenen. Die Melodietyp-IIIa- und -IIIb-Strukturen entsprechen Kombinationen aus der Melodietyp-II-Struktur und einem Bogen. Diese sind offenbar bei Neugeborenen noch seltener und eher zufällig. Allerdings kann man über die tatsächliche Auftrittshäufigkeit keine Aussage machen, da nur die Melodietypstrukturen gezählt wurden, in denen keine Intervalle zu finden waren.

Die Auftrittshäufigkeiten der Intervall- und Melodietypstrukturen zeigten zwischen männlichen und weiblichen Probanden keine statistisch signifikanten Unterschiede (Kapitel 3.1.2, Tabelle 8, Tabelle 9). Aufgrund des frühen Untersuchungszeitpunktes waren diese auch nicht zu erwarten. Wermke et al. (2014) fanden heraus, dass sich geschlechtsspezifische Unterschiede in den Lautäußerungen von Säuglingen erst im zweiten Lebensmonat erkennen lassen. In diesem Alter steigt der Testosteron- und Östradiolspiegel im Blut der Babys sehr stark an und es kommt zu der sogenannten Mini-Pubertät (Corbier et al. 2008; Forest et al. 1974; Tomlinson et al. 2004). Die Ergebnisse der Studie zeigten einen engen Zusammenhang zwischen dem Östradiolgehalt und der Komplexität der Säuglingsmelodien, jedoch keinen zwischen dieser und dem Testosterongehalt. Ein Testosteroneffekt auf die Säuglingslaute konnte erst mit 5 Monaten festgestellt werden (Borysiak et al. 2016). Damit scheinen

Geschlechtsunterschiede bei Neugeborenen noch nicht zu existieren. Die Befunde der vorliegenden Arbeit stehen mit den genannten Befunden im Einklang.

Das letzte Unterkapitel der Häufigkeitsanalyse untersuchte die Auftrittshäufigkeit steigender und fallender Intervalle. Diese zeigten für das gesamte Probandenkollektiv nahezu identische Werte. Da fallende Intervalle durch die Atemphysiologie stärker unterstützt werden (Abfall des subglottischen Drucks über den Laut), ist ihre Erzeugung aus physiologischer Perspektive deutlich einfacher. Um steigende Intervalle gegen den fallenden Druck zu exprimieren, bedarf es einer wesentlich größeren Anstrengung. Die Gruppe der männlichen Probanden zeigte eine leichte, statistisch nicht signifikante Tendenz zu den fallenden, die der weiblichen Probanden zu den steigenden Intervallen. Die Ergebnisse von Weigl (2012) und Stephan (2016) zeigten ebenfalls eine leichte Tendenz in Richtung der fallenden Intervalle.

4.2 Analyse zeitlicher Messgrößen

Temporale Eigenschaften spielen bei vielen neurophysiologischen Dysfunktionen eine entscheidende Rolle und sind deshalb wichtige Indikatoren in der vorsprachlichen Diagnostik (Kempf 2009; Wermke 2002). Aus diesem Grund wurde auch in der vorliegenden Arbeit eine Untersuchung zeitlicher Messgrößen vorgenommen (Kapitel 3.2).

Das hier gewählte Messkriterium für die Länge der Plateaus in intervallartigen Strukturen von mindestens 100 ms wird durch die Arbeit von Novitski et al. (2007) gestützt. Die genannten Autoren konnten zeigen, dass Neugeborene Frequenzunterschiede zwischen einzelnen Tönen wahrnehmen, wenn diese jeweils eine Länge von 100 ms aufwiesen. Allerdings sind offenbar noch kürzere Zeiten von Neugeborenen erkennbar. Die Länge der Töne, die Neugeborenen in den Studien von Stefanics et al. (2009) und Háden et al. (2015a) vorgespielt wurden, betrug gerade einmal 50 ms. Trotzdem waren die Neugeborenen in der Lage, verschiedene Intervallgrößen zu unterscheiden (Stefanics et al. 2009) bzw.

Abweichungen in der Tonfolge zu erkennen (Háden et al. 2015a). Die Tonlängenkriterien einer früheren Neugeborenenstudie (Stefanics et al. 2007) zeigten mit entsprechenden Werten von 50 ms Tonlänge und 100 ms zwischen dem Beginn zweier Stimuli (Töne) ebenfalls, dass Neugeborene zu Verarbeitungen im Millisekundenbereich fähig sind. Das für die vorliegende Analyse gewählte Längenkriterium von 100 ms wurde im Ergebnis dieser vorliegenden Studien gewählt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die Häufigkeit des 100 ms Plateaus deutlich am größten ist. Damit ist dieser künstlich festgelegte Wert der Grund dafür, dass bei keinem der untersuchten zeitlichen Parameter eine Normalverteilung erreicht werden konnte. Für nachfolgende Studien könnte das Längenkriterium herabgesetzt werden, um somit eine Normalverteilung zu erhalten.

Die Analyse der zeitlichen Messgrößen der Intervallsubstrukturen, also vorderem Plateau, Übergang und hinterem Plateau, zeigte für die jeweiligen Mittelwerte und Standardabweichungen eine große Übereinstimmung mit den von Weigl (2012) berichteten und Stephan (2016) ermittelten Werten. Wie bereits Weigl (2012) in ihrer Arbeit berichtet, zeigen auch hier die beiden Plateaus eine längere Dauer als die Übergänge. Die Begründung hierfür ist laut Weigl (2012), dass das vordere Plateau eine Art „Startlevel“ darstellt, von welchem aus über den Übergang das hintere Plateau („Ziellevel“) angesteuert wird. Der Übergang dient somit nur dazu, von Plateau zu Plateau zu gelangen und erfordert deshalb nur eine kurze Zeitdauer. Nun könnte man vermuten, dass das hintere Plateau nicht mehr ganz so lang sein muss wie das vordere, da kein Zielen zum nächsten Plateau erforderlich ist (Weigl 2012). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen jedoch, dass die Länge des hinteren Plateaus sowohl absolut als auch prozentual minimal größer ist als die des vorderen Plateaus. Dieses Ergebnis unterscheidet sich von dem von Weigl (2012), stimmt jedoch mit den von Stephan (2016) berichteten Ergebnissen (MW und SD) überein.

Die Mittelwerte der zeitlichen Messgrößen für die steigenden und fallenden Intervalle zeigten ähnliche Werte. Auch hier waren die Längen der hinteren Plateaus minimal größer als die der vorderen. Die Gruppenunterschiede

bezüglich der Intervall-, Plateau- und Übergangslängen zwischen den steigenden und fallenden Intervallen zeigten eine statistische Signifikanz.

4.3 Analyse der Grundfrequenz F_0

In der vorliegenden Arbeit wurden die F_0 -Mittelwerte des vorderen und hinteren Plateaus, die F_0 -Variabilität des vorderen und hinteren Plateaus und des Übergangs und die F_0 -Verhältnisse aus vorderem und hinterem Plateau analysiert.

Betrachtet man zunächst die F_0 -Mittelwerte auf den beiden Plateaus der Intervalle, bewegen sich die mittleren Frequenzbereiche zwischen 176 Hz und 662 Hz. Dies ist ein etwas weiterer Variationsbereich als der postulierte „Normbereich“ (401-591 Hz) für gesunde Neugeborene (Michelsson et al. 2002). Die Medianwerte der mittleren F_0 wiederum bewegen sich in den von Wermke und Mende (2009) postulierten Werten bei monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten.

Bei der Betrachtung der mittleren Frequenzwerte der vorderen und hinteren Plateaus bei den steigenden und fallenden Intervallen fiel auf, dass der Mittelwert des vorderen Plateaus bei den steigenden Intervallen ähnlich dem Mittelwert des hinteren Plateaus bei den fallenden Intervallen war (Tabelle 18 und Tabelle 19, vgl. Kapitel 3.3.2). Das bedeutet, dass die intervallartigen Strukturen in einem vergleichbaren physiologischen Bereich der Stimmlippenaktivität erzeugt werden, was man bei gesunden Kindern auch erwarten würde.

Die Analyse der F_0 -Variabilität, also der F_0 -Abweichung um das ermittelte Plateau, zeigte andere Ergebnisse als die von Weigl (2012) berichteten. Es wäre zu erwarten gewesen, dass die F_0 -Variabilität innerhalb des Übergangs einen größeren Wert zeigt als innerhalb der Plateaus (Weigl 2012). Tabelle 20 (vgl. Kapitel 3.3.3) verdeutlicht jedoch, dass die Plateaus hier deutlich größere Werte zeigten. Der gefundene Unterschied könnte in der unterschiedlichen Messmethodik liegen. Weigl (2012) identifizierte ihre Intervalle nur nach Gehör

und nicht nach festgelegten Messkriterien. Konnte sie beispielsweise ein Plateau relativ am Anfang und eines relativ am Ende des Signals identifizieren, entsprachen diese beiden Plateaus ihrem Intervall. Die Abweichungen der F_0 zwischen diesen beiden Plateaus und somit innerhalb des Übergangs, konnten damit auch extreme Schwankungen zeigen. Wäre Beispielsweise innerhalb des Übergangs ein weiteres Plateau gelegen, das dem Längenkriterium von 100 ms zwar entsprochen hätte, das Weigl (2012) jedoch nicht als hörbar identifizieren konnte, wurde dieses auch nicht vermessen.

Die von den chinesischen Neugeborenen exprimierten Intervalle ließen sich durch die Berechnung der F_0 -Verhältnisse in die Intervallbereichskategorien für musikalische Intervalle einordnen (vgl. Kapitel 3.3.5). Eine große Auftrittshäufigkeit zeigte sich besonders bei der Äußerung von kleinen Intervallen. Mehr als 50 % aller Intervalle fielen in den Bereich eines Frequenzverhältnisses der kleinen Sekunde, also eines Halbtons. Dieses Ergebnis wird durch Perzeptionsstudien bestätigt. Wie die Studie von Virtala et al. (2013) zeigt, können Neugeborene bereits den Unterschied zwischen Moll- und Durakkorden (entspricht einem Halbton) erkennen. Ähnlich wie bei Weigl (2012) waren die am häufigsten exprimierten Intervalle Primen, kleine Sekunden und große Sekunden. Für die größeren Intervalle zeigte sich folgende Tendenz: Je größer der Intervallabstand, desto geringer war die Auftrittshäufigkeit (vgl. Kapitel 3.3.5). Das größte bei den chinesischen Neugeborenen gefundene Intervall war die große Septime.

Die vorliegend durchgeführte Untersuchung zeigt, dass es gelungen ist, die intervallartigen Strukturen in den Melodien spontaner Säuglingslaute quantitativ zu beschreiben. Dabei zeigten sich große Ähnlichkeiten zu den Vorarbeiten an deutschen Säuglingen (Weigl 2012; Wermke und Mende 2009). Auch die bisher vorliegenden Ergebnisse von Stephan (2016) bei deutschen Neugeborenen bestätigen die hier berichteten Befunde. Es konnten in vorliegender Arbeit keine Hinweise auf Phänomene gefunden werden, die sich durch den tonalen Spracheinfluss während der Schwangerschaft erklären ließen. Vielmehr scheinen die untersuchten Intervallphänomene regelhaft bei Säuglingen

aufzutreten. Sie sind Ausdruck der hohen Leistungsfähigkeit der laryngealen Kontrollmechanismen. Inwieweit Intervallkenngößen möglicherweise als Risikomarker einer eingeschränkten Regelfunktion einsetzbar sein könnten, muss durch nachfolgende Studien untersucht werden. Außerdem wäre es interessant durch weiterführende Studien zu klären, ob und wie sich die untersuchten Parameter zu einem späteren Zeitpunkt der Sprachentwicklung verändern (dass die Häufigkeit der Intervallstrukturen beispielsweise im Vergleich zu deutschen Kindern zunimmt) und eventuell dann bestimmte Sprachspezifika zeigen (Chen und Kent 2009; Hallé et al. 1991).

5 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Identifizierung und quantitative Analyse intervallartiger Strukturen in den Melodieverläufen chinesischer Säuglinge der ersten Postnatalwoche. Das ausgewählte Probandenkollektiv bestand aus 55 medizinisch unauffälligen, ein bis sechs Tage alten chinesischen Neugeborenen, deren Mütter einen regelrechten Schwangerschaftsverlauf vorweisen konnten.

Die Lautaufnahmen erfolgten an den beiden größten Kliniken im Zentrum Pekings durch zwei chinesische Studentinnen (Yun Feng; Yufang Ruan). Die Bearbeitung und Auswertung der digitalen Aufnahmen wurde anschließend im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg durchgeführt.

Insgesamt konnten 3641 Neugeborenenlaute (spontane Weinlaute) für die finale Analyse herangezogen werden. Mithilfe des Computerized-Speech-Lab-Systems (CSL©-System; Kay PENTAX/ USA) erfolgte die Erstellung der Frequenzspektrogramme. Anschließend wurden mit dem Programm Praat© die Melodie- und Intensitätsverläufe berechnet. Die weitere Analyse erfolgte mithilfe des Cry-Data-Analysis-Program (CDAP©; pw-project).

Anhand der ermittelten Melodieverläufe konnten neben der Identifizierung von Intervall- und Melodietypstrukturen auch die Untersuchung zeitlicher Strukturen und die Analyse der Grundfrequenz (F_0) erfolgen. Dies sind wichtige Kenngrößen in der vorsprachlichen Lautanalyse.

Die Häufigkeitsverteilungen der Intervall- und Melodietypstrukturen erfolgten auf kindbasierter Ebene. Der Gruppenvergleich wurde zwischen männlichen und weiblichen Probanden durchgeführt. Die Untersuchung zeitlicher Strukturen und der Grundfrequenz (F_0) innerhalb der Intervallstrukturen erfolgte auf lautbasierter Ebene. Der Gruppenvergleich erfolgte hier zwischen steigenden und fallenden Intervallen.

Der Vergleich der Auftrittshäufigkeit der unterschiedlichen Intervall- und Melodietypstrukturen ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden. Aufgrund des Untersuchungszeitraumes, der vor der Mini-Pubertät lag, war dieses Ergebnis zu erwarten. Für alle hier ermittelten Melodieeigenschaften konnten keine für die tonale Sprache spezifischen Phänomene festgestellt werden. Die hier untersuchten intervallartigen Phänomene scheinen regelhaft als Ausdruck der physiologischen laryngealen Regelung zu entstehen. Inwieweit die beobachtete Häufigkeit von Halbtonintervallen tatsächlich im Zusammenhang mit sprachspezifischen Frequenzmodulationsphänomenen stehen könnte, muss in nachfolgenden Studien untersucht werden. Allein die gefundenen sehr niedrigen F_{0min} -Werte könnten typisch für die chinesischen Kinder sein (Dahlem 2008; Wermke et al. 2016). Die Auftrittshäufigkeit der musikalischen Intervalle entspricht den in der Literatur berichteten Ergebnissen. Neugeborene sind bereits in der Lage den Unterschied eines Halbtons zu erkennen. Weiterhin konnten signifikante Unterschiede bezüglich der Tonhöhenverhältnisse zwischen steigenden und fallenden Intervallen gefunden werden.

Es wäre interessant, durch weiterführende Studien zu klären, ob sich im weiteren Verlauf der vorsprachlichen Entwicklung doch noch bestimmte Spezifika abzeichnen. Unter anderem auch mit dem Ziel, eventuell auftretende sprachspezifische Eigenschaften charakterisieren und somit von anderen, die Sprachentwicklung störenden Risikofaktoren, unterscheiden zu können. Für weiterführende Studien sollten sowohl der Umfang der Stichprobe als auch der Untersuchungszeitraum erweitert werden. Außerdem könnte man auch über eine „Verschärfung“ der Messkriterien nachdenken.

Die vorliegende Arbeit hat erstmalig Referenzwerte und Fragestellungen für systematische Untersuchungen auf diesem Gebiet erarbeitet.

6 Anhang

6.1 Charakterisierung typisch identifizierter Intervallkonstellationen

Bei der Vermessung der Intervalle traten viele mögliche Kombinationen von Intervallstrukturen auf. Es konnten jedoch einzelne, sich häufig wiederholende Intervallstrukturen beobachtet werden, die nachfolgend in verschiedene Kategorien eingeteilt wurden.

Einfach-steigendes Intervall

In der nachfolgenden Abbildung 59 ist ein Beispiel dieser Intervallstruktur zu sehen. Die Struktur zeigt große Ähnlichkeit mit einer nach oben verlaufenden Stufe. Wie sich erkennen lässt, ist das untere Plateau deutlich länger als das obere, beide haben aber eine minimale Länge von 100 ms. Da der Intervallabstand durch keines der Messkriterien festgelegt wurde, kann dieser in seiner Größe beliebig variieren.

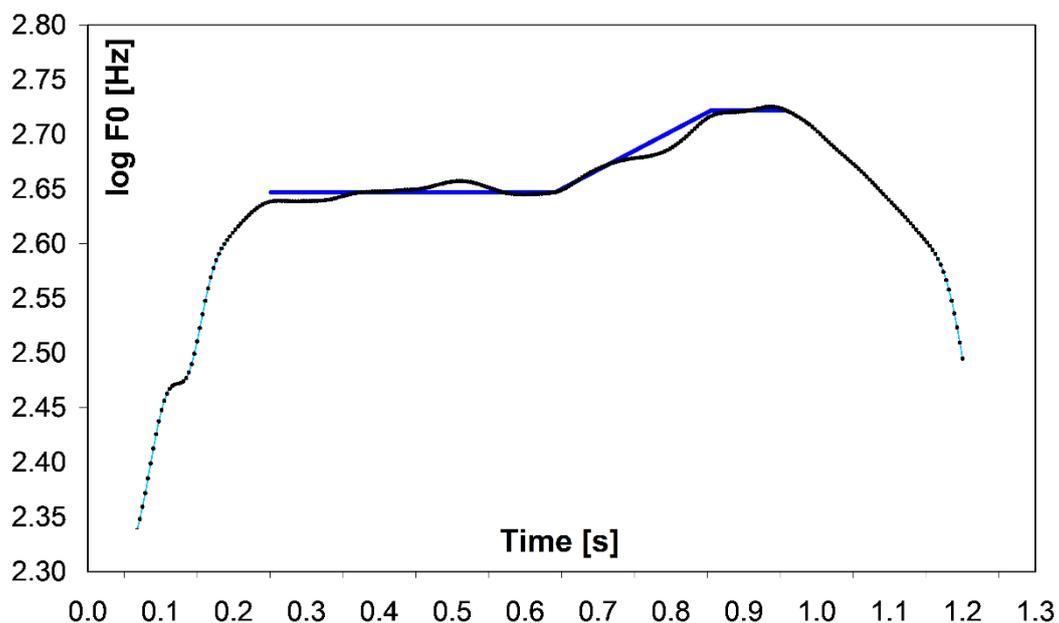


Abbildung 59: Einfach-steigendes Intervall (CDAP©)

Einfach-fallendes Intervall

Abbildung 60 zeigt die Struktur eines einfach-fallenden Intervalls. Diese zeigt wiederum Ähnlichkeit mit einer nach unten fallenden Stufe. In diesem Fall haben die beiden Plateaus ungefähr dieselbe Länge (mind. 100 ms). Der Plateauabstand ist hier deutlich größer als bei dem steigenden Intervall.

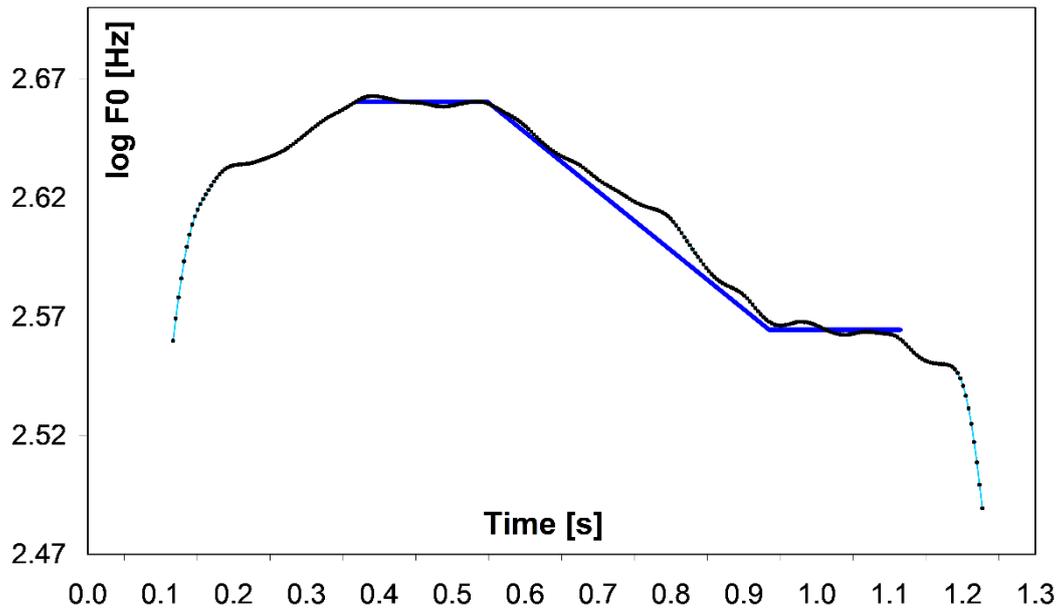


Abbildung 60: Einfach-fallendes Intervall (CDAP©)

Kombination aus einfach-steigendem und einfach-fallendem Intervall - Hutform

Diese Intervallstruktur besteht aus zwei aufeinanderfolgenden Intervallen, einem aufsteigenden, auf das ein abfallendes Intervall folgt. Diese Intervallstruktur zeigt Ähnlichkeit zu einem Hut. Wie in Abbildung 61 zu sehen ist, zeigt das erste Plateau einen etwas kleineren F_0 -Mittelwert als das letzte. Der Abstand innerhalb des ersten Intervalls ist somit größer als der innerhalb des zweiten Intervalls.

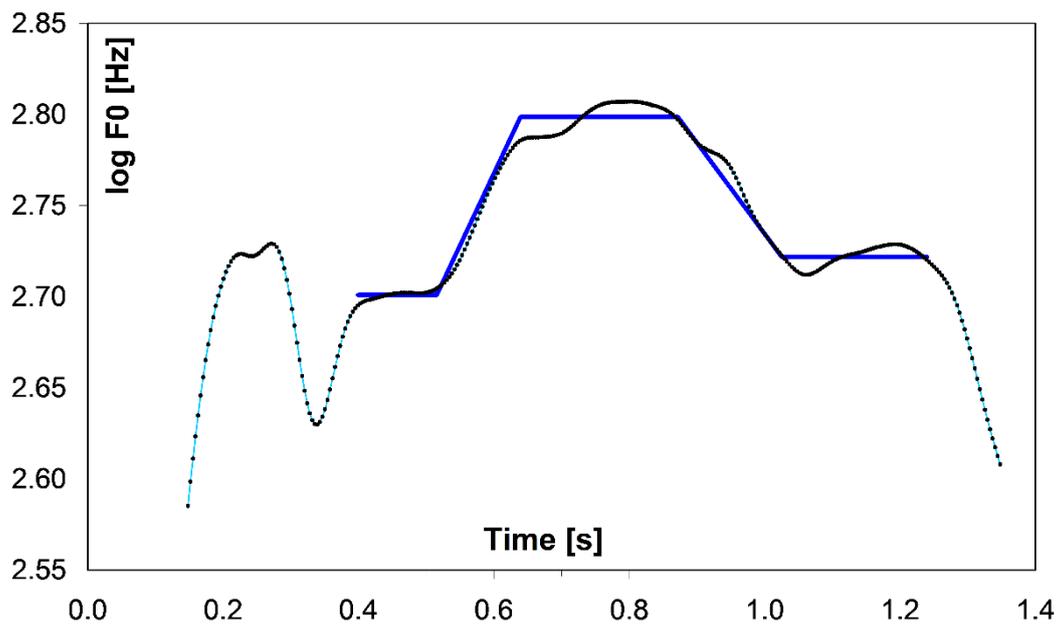


Abbildung 61: Kombination aus einfach-steigendem und einfach-fallendem Intervall (CDAP©)

Kombination aus einfach-fallendem und einfach-steigendem Intervall - umgekehrte Hutform

Wie in Abbildung 62 zu sehen ist, handelt es sich bei dieser Intervallstruktur ebenfalls um zwei aufeinanderfolgende Intervalle, die die Form eines auf dem Kopf stehenden Hutes zeigen. Im Unterschied zur vorherigen Intervallstruktur folgt bei dieser auf ein fallendes ein steigendes Intervall. Auch hier zeigen das erste und letzte Plateau unterschiedliche F_0 -Mittelwerte. Der Intervallabstand ist innerhalb des ersten Intervalls deutlich größer als innerhalb des zweiten.

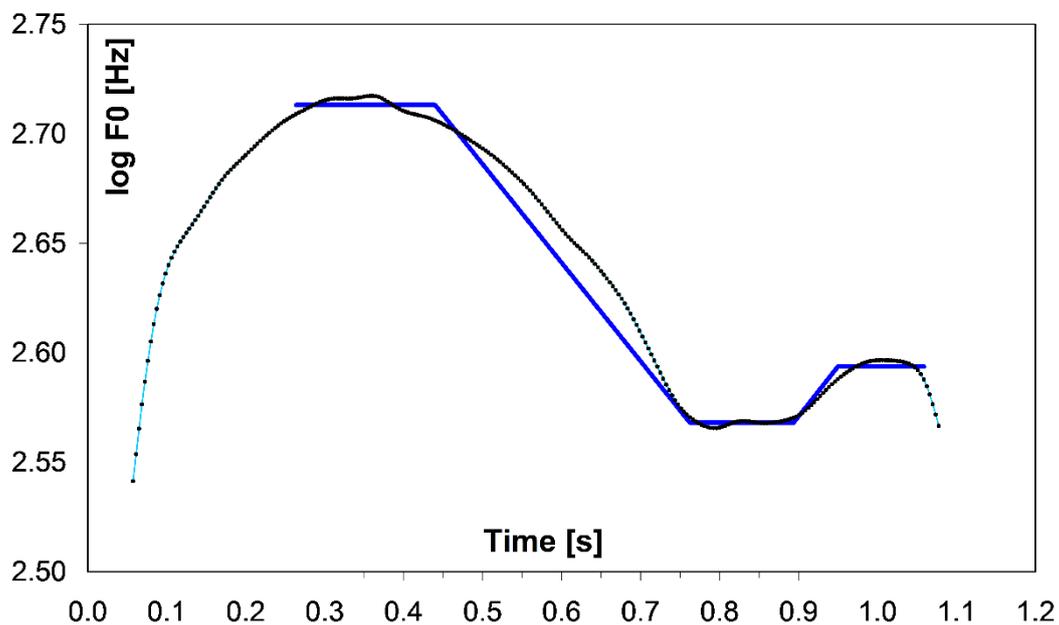


Abbildung 62: Kombination aus einfach-fallendem und einfach-steigendem Intervall (CDAP©)

Mehrfach-steigende Intervalle

Diese Intervallstruktur besteht aus einer Aufeinanderfolge von beliebig vielen steigenden Intervallen, ähnlich einer aufsteigenden Treppe (Abbildung 63). In diesem Beispiel sind es vier aufeinanderfolgende Intervalle. Auch hier sind die Abstände innerhalb der Intervalle unterschiedlich groß. Der Abstand innerhalb des zweiten Intervalls ist deutlich größer als die Abstände innerhalb der anderen drei Intervalle.

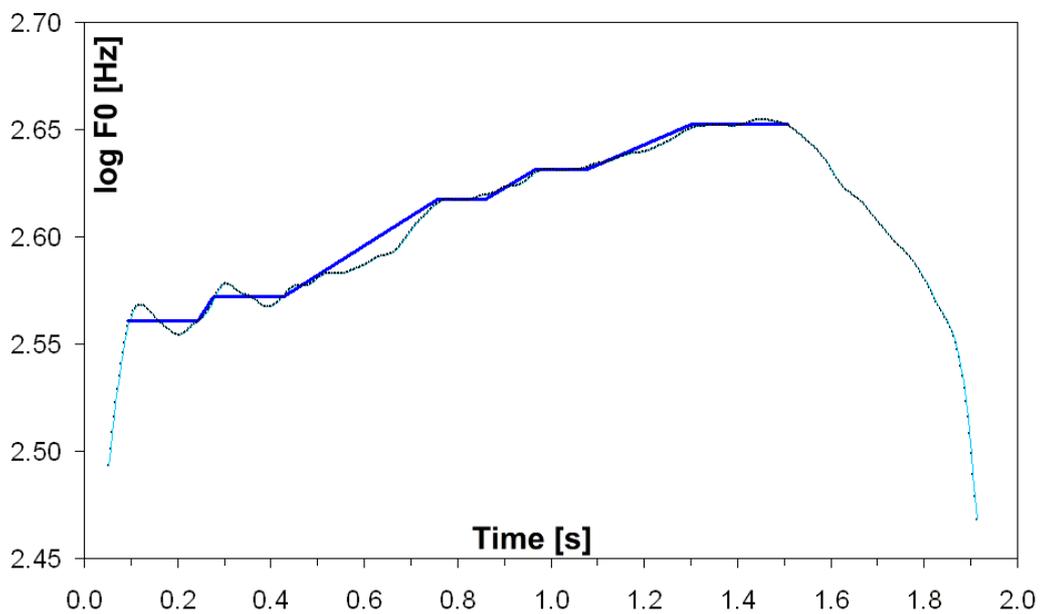


Abbildung 63: Mehrfach-steigende Intervalle (CDAP©)

Mehrfach-fallende Intervalle

Hierbei handelt es sich um die „umgekehrte“ Form der vorherigen Intervallstruktur, ähnlich einer absteigenden Treppe. Wie man in Abbildung 64 erkennen kann, zeigen die fünf aufeinanderfolgenden Intervalle ebenfalls unterschiedlich große Abstände. Die Abstände innerhalb der ersten drei sind deutlich größer als innerhalb der letzten beiden.

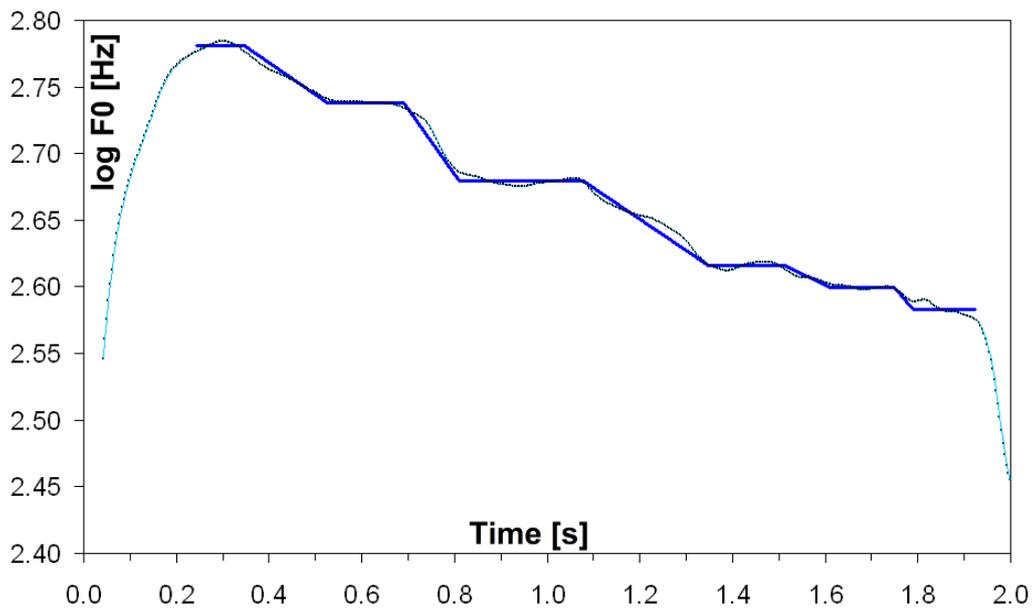


Abbildung 64: Mehrfach-fallende Intervalle (CDAP©)

Kombination aus mehrfach-steigenden Intervallen und einem einfach-fallenden Intervall

Diese Intervallstruktur besteht aus einer Abfolge steigender Intervalle, an die sich nachfolgend ein einfach-fallendes Intervall anschließt. Das Beispiel in Abbildung 65 besteht aus insgesamt drei Intervallen. Die Abstände innerhalb der ersten beiden sind deutlich größer als der Abstand innerhalb des letzten Intervalls.

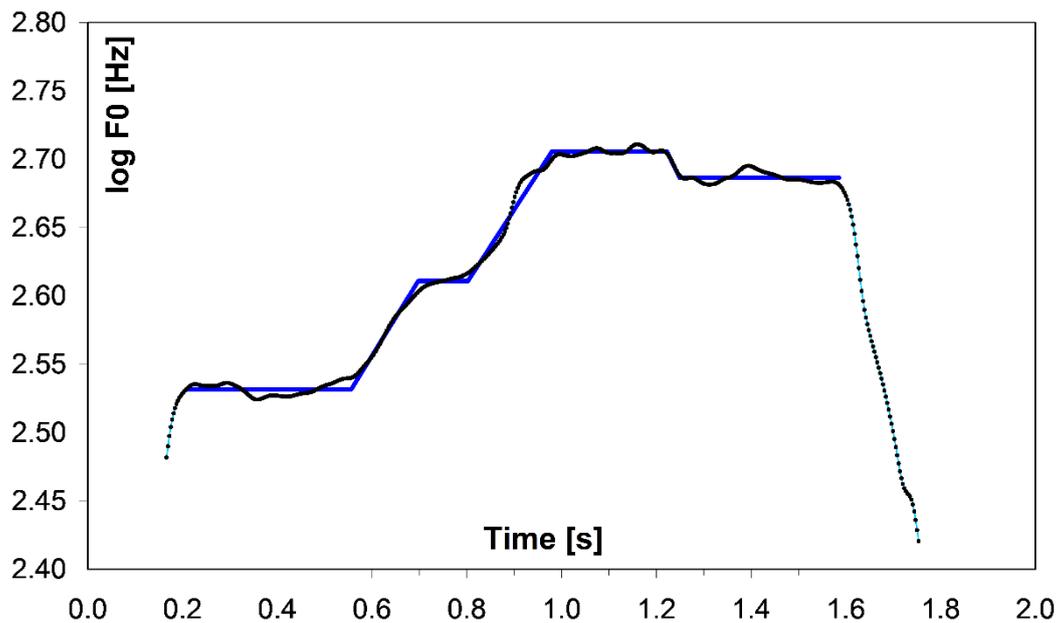


Abbildung 65: Kombination aus mehrfach-steigenden Intervallen und einem einfach-fallenden Intervall (CDAP©)

Kombination aus einem einfach-steigenden Intervall und mehrfach-fallenden Intervallen

Die nachfolgende Intervall-Struktur (Abbildung 66) besteht aus einem einfach-steigenden Intervall, dem sich eine Abfolge beliebig vieler absteigender Intervalle anschließt. Das vorliegende Beispiel besteht aus insgesamt fünf Intervallen. Diese weisen ebenfalls unterschiedliche Abstände zwischen ihren Plateaus auf.

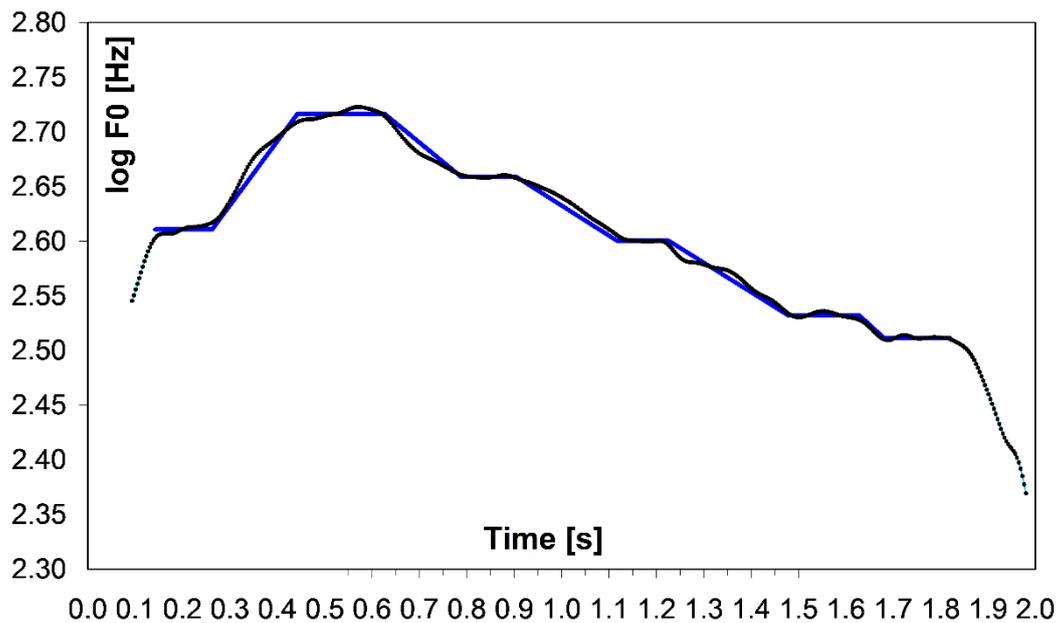


Abbildung 66: Kombination aus einem einfach-steigenden Intervall und mehrfach-fallenden Intervallen (CDAP©)

Mehrfach-Kombination aus steigenden und fallenden Intervallen

Diese Intervallstruktur stellt eine Kombination aller bisher beschriebenen Intervallstrukturen dar. Das Beispiel in Abbildung 67 besteht insgesamt aus sieben Intervallen. Die ersten beiden bilden einen umgekehrten Hut, an den sich die Intervallstruktur der mehrfach-fallenden Intervalle schließt. Die letzten beiden Intervalle bilden die Hutform. Wie bei den vorherigen Strukturen, variieren auch hier die Abstände innerhalb der Intervalle.

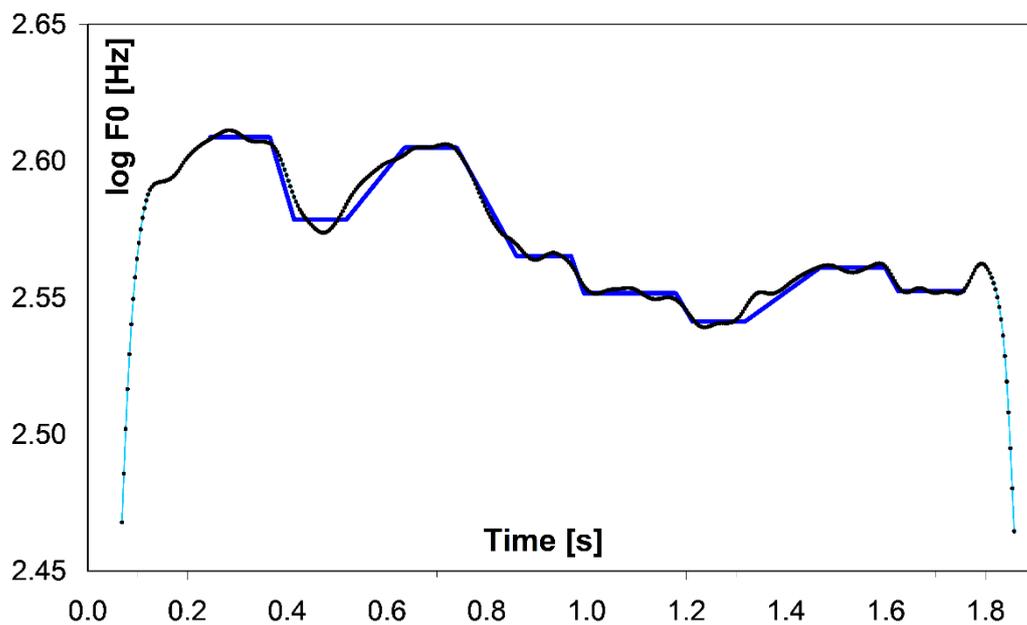


Abbildung 67: Kombination aus steigenden und fallenden Intervallen (CDAP©)

7 Literaturverzeichnis

- Avery, Peter; Ehrlich, Susan (1992): Teaching American English pronunciation: Oxford University Press Oxford.
- Birnholz, J.; Benacerraf, B. (1983): The development of human fetal hearing. In: *Science* 222 (4623), S. 516–518. DOI: 10.1126/science.6623091.
- Boersma, Paul; Weenink, David (2014): Praat: Doing phonetics by computer [Computer program]. Version 5.3. 79.
- Borysiak, Anja; Hesse, Volker; Hain, Johannes; Wermke, Peter; Wermke, Kathleen (2016): Baby babbling at 5 months linked to sex hormone levels in early infancy. In: *Infant Behavior and Development*.
- Byers-Heinlein, K.; Burns, T. C.; Werker, J. F. (2010): The roots of bilingualism in newborns. In: *Psychological science* 21 (3), S. 343–348. DOI: 10.1177/0956797609360758.
- Chen, Li-Mei; Kent, Raymond D. (2009): Development of prosodic patterns in Mandarin-learning infants. In: *J Child Lang* 36 (1), S. 73–84. DOI: 10.1017/S0305000908008878.
- Corbier, P.; Edwards, D. A.; Roffi, J. (2008): The neonatal testosterone surge. A comparative study. In: *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique* 100 (2), S. 127–131. DOI: 10.3109/13813459209035274.
- Dahlem, Melanie-Michiko (2008): Untersuchung akustischer Eigenschaften spontaner Lautäußerungen japanischer Neugeborener. Dissertation. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Darwin, Charles (1871): The descent of man and selection in relation to sex. In two volumes. London: Murray.
- DeCasper, Anthony J.; Sigafos, Ann Dinsmoor (1983): The intrauterine heartbeat. A potent reinforcer for newborns. In: *Infant Behavior and Development* 6 (1), S. 19–25. DOI: 10.1016/S0163-6383(83)80004-6.
- DeCasper, Anthony J.; Spence, Melanie J. (1986): Prenatal maternal speech influences newborns' perception of speech sounds. In: *Infant Behavior and Development* 9 (2), S. 133–150. DOI: 10.1016/0163-6383(86)90025-1.
- Deutsch, Diana; Henthorn, Trevor; Marvin, Elizabeth; Xu, HongShuai (2006): Absolute pitch among American and Chinese conservatory students: prevalence differences, and evidence for a speech-related critical period. In: *J. Acoust. Soc. Am.* 119 (2), S. 719–722.
- Fernald, A. (1989): Intonation and communicative intent in mothers' speech to infants: is the melody the message? In: *Child development* 60 (6), S. 1497–1510.

- Forest, M. G.; Sizonenko, P. C.; Cathiard, A. M.; Bertrand, J. (1974): Hypophyso-gonadal function in humans during the first year of life. 1. Evidence for testicular activity in early infancy. In: *The Journal of clinical investigation* 53 (3), S. 819–828. DOI: 10.1172/JCI107621.
- Fuamenya, Ndemazeh Arnold (2011): Quantitative analysis of subharmonic and noise phenomena in vocalizations of young infants: Comparing infants with and without orofacial clefts.
- Gandour, Jack; Wong, Donald; Hutchins, Gary (1998): Pitch processing in the human brain is influenced by language experience. In: *Neuroreport* 9 (9), S. 2115–2119.
- Grieser, DiAnne L.; Kuhl, Patricia K. (1988): Maternal speech to infants in a tonal language. Support for universal prosodic features in motherese. In: *Developmental Psychology* 24 (1), S. 14–20. DOI: 10.1037/0012-1649.24.1.14.
- Háden, Gábor P.; Honing, Henkjan; Török, Miklós; Winkler, István (2015a): Detecting the temporal structure of sound sequences in newborn infants. In: *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology* 96 (1), S. 23–28. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2015.02.024.
- Háden, Gábor P.; Németh, Renáta; Török, Miklós; Winkler, István (2015b): Predictive processing of pitch trends in newborn infants. In: *Brain research*. DOI: 10.1016/j.brainres.2015.02.048.
- Háden, Gábor P.; Stefanics, Gábor; Vestergaard, Martin D.; Denham, Susan L.; Sziller, István; Winkler, István (2009): Timbre-independent extraction of pitch in newborn infants. In: *Psychophysiology* 46 (1), S. 69–74. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2008.00749.x.
- Hallé, Pierre A.; Boysson-Bardies, Bénédicte de; Vihman, Marilyn M. (1991): Beginnings of prosodic organization: Intonation and duration patterns of disyllables produced by Japanese and French infants. In: *Language and speech* 34 (4), S. 299–318.
- Höing, Sarah (2010): Charakterisierung akustischer Eigenschaften des spontanen Neugeborenen schreies in den ersten drei Lebensstagen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus. Dissertation. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Kempf, Anne (2009): Untersuchung des Beginns artikulatorischer Vorgänge in den Lautproduktionen von Säuglingen mit orofazialen Spalten. Dissertation. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Lind, Katrin (2007): Untersuchung spektraler und melodischer Eigenschaften von Säuglingsschreien -Eine Longitudinalstudie über die ersten 16 Lebenswochen im Rahmen der Deutschen Sprachentwicklung. Dissertation. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Mampe, Birgit; Friederici, Angela D.; Christophe, Anne; Wermke, Kathleen (2009): Newborns' cry melody is shaped by their native language. In:

- Current biology* : CB 19 (23), S. 1994–1997. DOI: 10.1016/j.cub.2009.09.064.
- Mathelitsch, Leopold; Friedrich, Gerhard (2000): Die Stimme. Instrument für Sprache, Gesang und Gefühl. 1. Aufl. Wien: öbv & hpt (Physik-compact Sonderthemen).
- Mattock, Karen; Burnham, Denis (2006): Chinese and English infants' tone perception. Evidence for perceptual reorganization: Mahwah, N.J. Lawrence Erlbaum Associates.
- Mehler, J.; Jusczyk, P.; Lambertz, G.; Halsted, N.; Bertoncini, J.; Amiel-Tison, C. (1988): A precursor of language acquisition in young infants. In: *Cognition* 29 (2), S. 143–178.
- Mende, W.; Herzel, H.; Wermke, K. (1990a): Bifurcations and chaos in newborn infant cries. In: *Physics Letters A* 145 (8-9), S. 418–424. DOI: 10.1016/0375-9601(90)90305-8.
- Mende, WERNER; Wermke, Kathleen; Schindler, Sylvia; Wilzopolski, Klaus; Hock, Sabine (1990b): Variability of the cry melody and the melody spectrum as indicators for certain CNS disorders. In: *Early Child Development and Care* 65 (1), S. 95–107. DOI: 10.1080/0300443900650112.
- Michelsson, Katarina; Eklund, Kenneth; Leppänen, Paavo; Lyytinen, Heikki (2002): Cry Characteristics of 172 Healthy 1- to 7-Day-Old Infants. In: *Folia Phoniatr Logop* 54 (4), S. 190–200. DOI: 10.1159/000063190.
- Murry, Thomas; Hoit-Dalgaard, Jeannette; Gracco, Vincent L. (1983): Infant Vocalization. A Longitudinal Study of Acoustic and Temporal Parameters. In: *Folia Phoniatr Logop* 35 (5), S. 245–253. DOI: 10.1159/000265770.
- Nazzi, Thierry; Bertoncini, Josiane; Mehler, Jacques (1998): Language discrimination by newborns. Toward an understanding of the role of rhythm. In: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24 (3), S. 756–766. DOI: 10.1037/0096-1523.24.3.756.
- Novitski, Nikolai; Huottilainen, Minna; Tervaniemi, Mari; Näätänen, Risto; Fellman, Vineta (2007): Neonatal frequency discrimination in 250-4000-Hz range: electrophysiological evidence. In: *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 118 (2), S. 412–419. DOI: 10.1016/j.clinph.2006.10.008.
- Pape, Hans-Christian; Kurtz, Armin; Silbernagel, Stefan; Klinke, Rainer; Brenner, Bernhard (2014): Physiologie. 7., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme.
- Papoušek, Mechthild (1994): Melodies in caregivers' speech. A species-specific guidance towards language. In: *Early Dev. Parent.* 3 (1), S. 5–17. DOI: 10.1002/edp.2430030103.
- Papoušek, Mechthild; Papoušek, Hanuš; Symmes, David (1991): The meanings of melodies in motherese in tone and stress languages. In: *Infant*

- Behavior and Development* 14 (4), S. 415–440. DOI: 10.1016/0163-6383(91)90031-M.
- Partanen, Eino; Kujala, Teija; Tervaniemi, Mari; Huotilainen, Minna (2013): Prenatal music exposure induces long-term neural effects. In: *PloS one* 8 (10), S. e78946. DOI: 10.1371/journal.pone.0078946.
- Plant, Geoff; Ge, Yi (2010): Production of Mandarin tone by adults and children with normal hearing: significance for children with cochlear implants. In: *Cochlear implants international* 11 (4), S. 185–202. DOI: 10.1002/cii.429.
- Prochnow, Annette (2013): Der Erwerb melodisch-rhythmischer Grundbausteine im Rahmen der vorsprachlichen Entwicklung. -eine vergleichende Analyse der Schreie von schwedischen und deutschen Neugeborenen. Dissertation. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Shahidullah, Sara; Hepper, Peter G. (1994): Frequency discrimination by the fetus. In: *Early Human Development* 36 (1), S. 13–26. DOI: 10.1016/0378-3782(94)90029-9.
- Stafford, Amy (2006): An Introduction to Tonal Languages.
- Stefanics, Gábor; Háden, Gábor; Huotilainen, Minna; Balázs, László; Sziller, István; Beke, Anna et al. (2007): Auditory temporal grouping in newborn infants. In: *Psychophysiology* 44 (5), S. 697–702. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2007.00540.x.
- Stefanics, Gábor; Háden, Gábor P.; Sziller, István; Balázs, László; Beke, Anna; Winkler, István (2009): Newborn infants process pitch intervals. In: *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 120 (2), S. 304–308. DOI: 10.1016/j.clinph.2008.11.020.
- Stephan, Sophia (2016): Quantitative Analyse von F0-Intervallstrukturen in den Lautäußerungen von Säuglingen ohne Hörschaden in der ersten Lebenswoche. Dissertation im Begutachtungsprozess. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Stevens, Catherine; Keller, Peter; Tyler, Michael (2004): Language tonality and its effects on the perception of contour in short spoken and musical items: U.S.A. Society for Music Perception & Cognition.
- Tomlinson, C.; Macintyre, H.; Dorrian, C. A.; Ahmed, S. F.; Wallace, A. M. (2004): Testosterone measurements in early infancy. In: *Archives of disease in childhood. Fetal and neonatal edition* 89 (6), S. F558-9. DOI: 10.1136/adc.2003.034017.
- Trehub, Sandra E. (2001): Musical Predispositions in Infancy. In: *Annals of the New York Academy of Sciences* 930 (1), S. 1–16. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb05721.x.
- Trehub, Sandra E.; Thorpe, Leigh A. (1989): Infants' perception of rhythm. Categorization of auditory sequences by temporal structure. In: *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie* 43 (2), S. 217–229. DOI: 10.1037/h0084223.

- Trehub, Sandra E.; Thorpe, Leigh A.; Morrongiello, Barbara A. (1987): Organizational Processes in Infants' Perception of Auditory Patterns. In: *Child development* 58 (3), S. 741–749. DOI: 10.2307/1130211.
- Truby, H. M.; Bosma, J. F.; Lind, J. (1965): Newborn infant cry. In: *Almqvist and Wiksells, Uppsala*.
- Virtala, Paula; Huotilainen, Minna; Partanen, Eino; Fellman, Vineta; Tervaniemi, Mari (2013): Newborn infants' auditory system is sensitive to Western music chord categories. In: *Frontiers in psychology* 4, S. 492. DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00492.
- Wang, William S-Y (1991): The emergence of language: Development and evolution: Readings from "Scientific American" magazine: WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- Wasz-Höckert, O.; Lind, J.; Vuorenkoski, V.; Partanen, T.; Valanne, E. (1968): The infant cry: A spectrographic and auditory analysis (Vol. 29).
- Webb, Alexandra R.; Heller, Howard T.; Benson, Carol B.; Lahav, Amir (2015): Mother's voice and heartbeat sounds elicit auditory plasticity in the human brain before full gestation. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (10), S. 3152–3157. DOI: 10.1073/pnas.1414924112.
- Weigl, Regina (2012): Lärm oder Lied? Analyse musikalischer Intervalle in den Lautäußerungen von Säuglingen als komplexe vorsprachliche Fähigkeit. Diplomarbeit. Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Wermke, K. (2002): Untersuchung der Melodieentwicklung im Säuglingsschrei von monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten.
- Wermke, K.; Mende, W. (Hg.) (2000): Developmental changes of infant cries during the first months of life: the evolution of complex vocalizations.
- Wermke, K.; Mende, W. (2009): Musical elements in human infants' cries. In the beginning is the melody. In: *Musicae Scientiae* 13 (2 Suppl), S. 151–175. DOI: 10.1177/1029864909013002081.
- Wermke, Kathleen (2004): Vom Schreien zur Sprache -Was die Schrei-Melodien von Säuglingen über die vorsprachliche Entwicklung aussagen. In: *Frühförderung interdisziplinär* 23, S. 61–68.
- Wermke, Kathleen; Friederici, Angela D. (2004): Developmental changes of infant cries – the evolution of complex vocalizations. In: *Behav. Brain Sci.* 27 (04). DOI: 10.1017/S0140525X04390102.
- Wermke, Kathleen; Hain, Johannes; Oehler, Klaus; Wermke, Peter; Hesse, Volker (2014): Sex hormone influence on human infants' sound characteristics: melody in spontaneous crying. In: *Biology letters* 10 (5), S. 20140095. DOI: 10.1098/rsbl.2014.0095.
- Wermke, Kathleen; Mende, WERNER (1992): Sprache beginnt mit dem ersten Schrei. In: *Spectrum der Wissenschaften* 12, S. 115–118.

- Wermke, Kathleen; Ruan, Yufang; Feng, Yun; Dobnig, Daniela; Stephan, Sophia; Wermke, Peter et al. (2016): Fundamental Frequency Variation in Crying of Mandarin and German Neonates. In: *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*. DOI: 10.1016/j.jvoice.2016.06.009.
- Winkler, István; Háden, Gábor P.; Ladinig, Olivia; Sziller, István; Honing, Henkjan (2009): Newborn infants detect the beat in music. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (7), S. 2468–2471. DOI: 10.1073/pnas.0809035106.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Frau Prof. Dr. Kathleen Wermke (Leiterin des ZVES) für die Überlassung dieses Promotionsthemas und die Unterstützung bei der Durchführung der Promotion. Vielen Dank für die hervorragende fachliche Betreuung, ihr persönliches Engagement und die wertvollen wissenschaftlichen Ratschläge. Des Weiteren bedanke ich mich für ihr Vertrauen, ihre Zuverlässigkeit, ihre Zeit und Geduld und die ansteckende Begeisterung für das Gebiet der vorsprachlichen Diagnostik. Danke für die vielen gemeinsamen Stunden der wissenschaftlichen Arbeit.

Für die Übernahme und Erstellung des Zweitgutachtens und seinen fachlichen Rat bedanke ich mich auch bei Priv.-Doz. Dr. med. Johannes Wirbelauer.

Herrn Peter Wermke danke ich herzlich für die Bereitstellung der von ihm entwickelten Analysesoftware CDAP© und dafür, dass er mir diese für meine Analyse angepasst hat. Ebenso möchte ich mich für die Erstellung der zahllosen Tabellen bedanken, die für die aufwändige Vorarbeit für die vorliegende Arbeit erforderlich waren, und für die stets engagierte Hilfe und Geduld bei allen Formatierungsfragen.

Bedanken möchte ich mich auch bei Yun Feng und Yufang Ruan für die Erstellung der Aufnahmen und dafür, dass sie mir diese zur weiteren Bearbeitung und Analyse überlassen haben.

Ein herzliches Dankeschön auch den Eltern und ihren Neugeborenen für die Teilnahme an der Studie und ihr Vertrauen. Ohne sie wäre diese Studie nicht möglich gewesen.

Für die vielen gemeinsamen Stunden im ZVES, das gemeinsame Arbeiten und lösen herausfordernder Aufgaben möchte ich mich besonders bei Sophia Stephan bedanken. Vielen Dank dafür, dass ich zu jeder Zeit die Möglichkeit hatte mich mit jemanden auszutauschen, ohne sie wäre die Zeit der Promotion nur halb so schön gewesen.

Weiterhin möchte ich mich für die hilfreiche Unterstützung beim Korrekturlesen bei meiner Tante und meinem Freund bedanken. Vielen Dank für die Zeit und Geduld, die sie sich dafür genommen haben.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Schwester für die Unterstützung, den Zuspruch und die Zuversicht bedanken, die sie mir zu jeder Zeit entgegengebracht haben. Ein ganz besonderer Dank geht an meine Eltern, ohne die meine Promotion in dieser Form nicht möglich gewesen wäre. Ein herzliches Dankeschön geht auch an meinen Freund für die zeitliche und moralische Unterstützung, dafür, dass er an mich geglaubt und mich durch alle Hochs und Tiefs begleitet hat.

Danke

Im Zuge vorliegender Arbeit wurde ein Paper (Titel siehe unten) über den Vergleich der Melodieeigenschaften deutscher und chinesischer Säuglinge in der ersten Lebenswoche verfasst. Die Autorin vorliegender Arbeit war dabei Co-Autorin.

Kathleen Wermke, Yufang Ruan, Yun Feng, Daniela Dobnig, Sophia Stephan, Peter Wermke, Li Ma, Hongyu Chang, Youyi Liu, Volker Hesse, Hua Shu (2016):

Fundamental Frequency Variation in Crying of mandarin and German Neonates

In: Journal of voice: official journal of the Voice Foundation