

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

**Temporale Vokalisationseigenschaften von Neugeborenen mit intrauteriner  
Wachstumsretardierung**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Tanee Belén Bou  
geb. Störmer  
aus Weiterstadt

Düsseldorf, April 2023

**Referentin:** Prof. Dr. rer. nat. Kathleen Wermke  
**Koreferent:** Prof. Dr. med. Johannes Wirbelauer  
**Dekan:** Prof. Dr. med. Matthias Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung: 03.11.2023**

**Die Promovendin ist Zahnärztin**

**In Liebe und Dankbarkeit meiner Familie gewidmet**



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>7</b>
2.1	Ethikvotum .....	7
2.2	Methodologie .....	7
2.3	Neugeborenenkollektiv und Anzahl der Vokalisationen (Lautdatenbasis) .....	9
2.4	Anzahl der Vokalisationen.....	11
2.5	Datenanalyse .....	14
2.5.1	Selektion von Messintervallen aus den Audiofiles .....	14
2.5.2	Messgrößen und Messalgorithmus .....	14
2.5.3	Reliabilität .....	18
2.5.4	Statistische Datenanalyse .....	19
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>21</b>
3.1	Analyse der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) von Inspiration 1 .....	21
3.1.1	Deskriptive Statistik der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisation (I) ....	21
3.1.2	Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) im Geschlechtervergleich.....	23
3.1.3	Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	24
3.1.4	Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	26

3.1.5	Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Gestationsalter.....	27
3.1.6	Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter .....	29
3.1.7	Deskriptive Analyse der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) auf Signalebene (Messintervall) .....	30
3.2	Analyse der Inspirationslänge (I') .....	32
3.2.1	Deskriptive Statistik der mittleren Inspirationslänge (I') .....	32
3.2.2	Mittlere Inspirationslänge (I') im Geschlechtervergleich.....	33
3.2.3	Mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	34
3.2.4	Mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	36
3.2.5	Mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Gestationsalter.....	37
3.2.6	Mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter .....	38
3.2.7	Deskriptive Analyse der Inspirationslänge (I') auf Signalebene (Messintervall).....	39
3.3	Analyse der Einzelsignallänge (E) .....	41
3.3.1	Deskriptive Statistik der mittleren Einzelsignallänge.....	41
3.3.2	Mittlere Einzelsignallänge (E) im Geschlechtervergleich .....	43
3.3.3	Mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	45
3.3.4	Mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	47
3.3.5	Mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Gestationsalter .....	48
3.3.6	Mittlere Einzelsignallänge in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter.....	49

3.3.7	Deskriptive Analyse der Einzelsignallänge (E) auf Signalebene (Messintervall).....	50
3.4	Analyse der Expirationslänge (E').....	52
3.4.1	Deskriptive Statistik der mittleren Expirationslänge (E').....	52
3.4.2	Mittlere Expirationslänge (E') im Geschlechtervergleich .....	53
3.4.3	Mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit vom Geburtsmodus.....	54
3.4.4	Mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit von der somatischen Reife.....	56
3.4.5	Mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit vom Gestationsalter (vSSW) .....	58
3.4.6	Mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter.....	59
3.4.7	Deskriptive Analyse der Expirationslänge (E') auf Signalebene (Messintervall).....	60
3.5	Analyse der Dauer der Messintervalle (L_ges) .....	61
3.5.1.1	Deskriptive Statistik der mittleren Dauer der Messintervalle (L_ges) .....	61
3.5.2	Mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) im Geschlechtervergleich .....	63
3.5.3	Mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	64
3.5.4	Mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	66
3.5.5	Mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) in Abhängigkeit vom Gestationsalter.....	67
3.5.6	Mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter .....	68



3.5.7	Deskriptive Analyse der Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) auf Signalebene (Messintervall).....	69
3.6	Analyse des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) ..	71
3.6.1	Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) .....	71
3.6.2	Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) im Geschlechtervergleich.....	72
3.6.3	Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus.....	74
3.6.4	Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Reife.....	75
3.6.5	Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit vom Gestationsalter .....	77
3.6.6	Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter.....	78
3.6.7	Deskriptive Analyse für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) auf Signalebene (Messintervall) .....	79
3.7	Analyse des längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ).....	81
3.7.1	Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) .....	81
3.7.2	Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L_{ges}$ ) im Geschlechtervergleich ....	82
3.7.3	Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L_{ges}$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	84

3.7.4	Mittlerer längennormierter Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	85
3.7.5	Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L_{ges}$ ) in Abhängigkeit vom Gestationsalter.....	87
3.7.6	Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L_{ges}$ ) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter .....	88
3.7.7	Deskriptive Analyse des längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) auf Signalebene (Messintervall) .....	89
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>91</b>
4.1	Absolute und relative Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven .....	91
4.2	Absolute und relative Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	99
4.3	Geschlechtsspezifische Charakteristika der Messgrößen.....	102
4.4	Absolute und relative Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit vom Probanden- und Gestationsalter.....	103
4.5	Einordnung der Ergebnisse und Ausblick .....	105
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>107</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>109</b>
<b>I</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	
<b>II</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	
<b>III</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	

**IV Danksagung**

**V Lebenslauf**

## 1 Einleitung

Die Sprachentwicklung beginnt mit der Geburt und dem ersten Schrei des Neugeborenen (Wermke, 2002). Das Weinen dient dabei, als Substrat des Sprechens (Wermke & Mende, 1994), als einfachste Form der Artikulation und Kommunikation mit der Umwelt und erfordert eine starke Koordinationsleistung von Respiration und Phonation (Lieberman, 1985). Aufgrund der engen Zusammenarbeit von Atmung und Stimmlippenschwingung, die im Millisekundenbereich komplex aufeinander abgestimmt ist, wird die gleichzeitige Funktionsfähigkeit von neurophysiologischen Kontrollmechanismen, Atemapparat und Vokaltrakt vorausgesetzt (Maclarnon & Hewitt, 2004; Soltis, 2004). Demnach spielt die respiratorisch-laryngeale Reife eine essentielle Rolle in der vorsprachlichen Entwicklung.

Da die Phonation von mit hoher Geschwindigkeit ablaufenden neurophysiologischen Kontrollmechanismen abhängig ist, gelten Vokalisationen auch als Marker für die Integrität des Nervensystems. Das zentrale Nervensystem (ZNS) steuert dabei die Kapazität, Stabilität und Koordination der Bewegungen der Muskeln des Atemapparates und des Vokaltraktes. Daher liefert der Schrei Informationen darüber, wie das ZNS funktioniert. Auf diese Weise können sich prä- und perinatale Schädigungen, die Einfluss auf die Entwicklung des Nervensystems haben, in den Schreieigenschaften von Neugeborenen widerspiegeln (Michelsson & Michelsson, 1999; Wasz-Höckert et al., 1985; Zeskind & Lester, 1978).

Die akustische Schreianalyse wurde deshalb in vielen Forschungsarbeiten als nicht-invasives Mittel genutzt, um die neurophysiologische Reife, die Funktionsfähigkeit der an den Vokalisationen beteiligten Strukturen, sowie die postnatale Adaption von Säuglingen bereits in einem frühen Entwicklungsstadium anhand ihrer Vokalisationsfähigkeiten reflektieren und beurteilen zu können (Cacace et al., 1995; Michelsson et al., 1983; Michelsson et al., 1982; Robb et al., 2011; Soltis, 2004; Wasz-Höckert, 1968; Wasz-Höckert et al., 1985; Wermke et al., 2017). Verschiedene Charakteristika der Laute wurden vermessen, um zu analysieren, wie sich bestimmte Faktoren auf die Lautproduktion des Säuglings auswirken können. Sie gaben Aufschluss über Zusammenhänge mit der aktuellen Stressbelastung des Säuglings, oder mit chronischen Krankheiten und dienen somit als Spiegelbild der physiologischen und reifungsbedingten Veränderungen (Emde & Gaensbauer, 1981; Furlow, 1997). Obwohl es keine standardisierten Protokolle zur Beurteilung des Säuglingsschreiens gibt, gibt es mehrere

akustische Merkmale, die nachweislich mit dem Gesundheitszustand des Kindes korrelieren (Soltis, 2004). Das in diesem Zusammenhang dominanteste und am häufigsten untersuchte Schreimerkmal ist die Grundfrequenz, die mit einer erhöhten Morbidität des Säuglings assoziiert wird (Lester und Zeskin, 1982; Porter et al., 1988).

Die Dauer der Schreie hingegen steht in Zusammenhang mit der Lungenkapazität (Chiswick & Milner, 1976) und spiegelt unterschiedliche physiologische Besonderheiten wider (Makóí et al., 1974; Michelsson, 1971; Thodén et al., 1985; Zeskind & Lester, 1978).

Das Ziel der Analyse von Säuglingslauten ist das Verständnis der neurobiologischen Grundlagen der Vokalisationen, das hilfreich sein kann, um zukünftig bei Hochrisikopatienten frühzeitig eingreifen zu können (Cox et al., 2012). Da physiologische Mechanismen, die das Schreiverhalten steuern, auch die reife Sprache regulieren (Boliék et al., 1996) hat die Identifikation von Anomalien im Schreiverhalten von Neugeborenen klinische Relevanz bezüglich der späteren Sprachentwicklung dieser Kinder.

Beispielsweise tritt bei circa 25% der reifgeborenen Neugeborenen mit intrauteriner Wachstumsretardierung eine minimale zerebrale Dysfunktion in Form von Sprachproblemen, Aufmerksamkeitsdefiziten, Lernproblemen und kleineren neurologischen Problemen auf (Fitzhardinge & Steven, 1972; Neligan et al., 1976). Bei diesen Säuglingen ist es von besonderem Interesse, ob sich die intrauterine Wachstumsverzögerung bereits in den temporalen Eigenschaften der Neugeborenen schreie als früher Prädiktor späterer Sprachprobleme widerspiegelt.

Der am häufigsten berichtete Grund für eine intrauterine Wachstumsretardierung ist eine Plazentainsuffizienz, die zu Sauerstoff- oder Nährstoffmangel führt. Auslöser sind zumeist unspezifische Ursachen (Wollmann, 1998), oder fetale Komplikationen (zum Beispiel genetische Erkrankungen, angeborene Fehlbildungen, fetale Infektionen, Mehrlingsschwangerschaften) (Suhag & Berghella, 2013), jedoch können auch Drogen- oder Nikotinabusus während der Schwangerschaft (Bada et al., 2005), oder Vorerkrankungen der Mutter (Hendrix & Berghella, 2008) eine Plazentainsuffizienz bedingen (Romo et al., 2009; Suhag & Berghella, 2013). Neugeborene, die aufgrund der intrauterinen Wachstumsretardierung in Relation zu ihrem Gestationsalter zu geringe Werte für ihre Körpergröße, das Geburtsgewicht oder den Kopfumfang zeigen, werden auch als small for gestational age (SGA) bezeichnet (siehe auch 2.3) (Voigt et al., 2014; Voigt et al.,

1996; Voigt et al., 2000). Generelle Unterschiede zwischen Neugeborenen mit gestationsaltersgerechten Körpermaßen (appropriate for gestational age=AGA) und SGA-Neugeborenen, vor allem im Hinblick auf den postnatalen Entwicklungszustand sowie den möglichen Langzeitfolgen der intrauterinen Wachstumsretardierung wurden in der Literatur von verschiedenen Autoren untersucht.

Eine intrauterine Wachstumsverzögerung ist eine bekannte Ursache für eine erhöhte perinatale Morbidität und Mortalität (Behrman et al., 1982; Chauhan et al., 2014; Gortner et al., 1999; Lubchenco et al., 1972; Minior & Divon, 1998; Suhag & Berghella, 2013; Wilcox & Skjaerven, 1992; Zeitlin et al., 2010).

Außerdem werden SGA -Neugeborene mit einem erhöhten Risiko für spontane Frühgeburten assoziiert (Gagnon et al., 1994; Zeitlin et al., 2000). Für pulmonale Komplikationen besteht ebenfalls ein signifikant höheres Risiko, insbesondere für die Entwicklung einer chronischen Lungenerkrankung, oder eines Atemnotsyndroms (acute respiratory distress syndrome=ARDS) (Gilbert & Danielsen, 2003; Kono et al., 2007; Minior & Divon, 1998; Pena et al., 1988). Zudem erkranken Neugeborene aufgrund einer intrauterinen Wachstumsretardierung häufiger an einer nekrotisierenden Enterokolitis und haben vermehrt intraventrikuläre Blutungen (Gilbert & Danielsen, 2003) und längere Krankenhausaufenthalte (Gilbert & Danielsen, 2003; Minior & Divon, 1998; Sharma et al., 2004)

Einige Autoren berichten, im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Studien, dass SGA-Neugeborene durch ihre intrauterine Wachstumsretardierung jedoch keinen Nachteil durch eine unzureichende Reife von Organen haben sollen. Es wird sogar vermutet, dass sie die Wachstumsretardierung mit einer beschleunigten Lungenreifung ausgleichen und damit eine geringere Inzidenz von Lungenkomplikationen, wie zum Beispiel ARDS, im Vergleich zu AGA Neugeborenen haben. Dies wurde vor allem ab einem Gestationsalter von 29 vollendeten Schwangerschaftswochen (vSSW) festgestellt (Ley et al., 1997; Sharma et al., 2004). Diese Ergebnisse wurden durch Daten gestützt, die ein verbessertes biochemisches Lungenprofil bei Babys mit eingeschränktem Wachstum belegen (Kulovich & Gluck, 1979). In Studien an Schafen wurde gezeigt, dass Hypoxämie und Azidose als Folge verminderter utero-plazentärer Perfusion intrauterinen Stress bedingen, welcher sich positiv auf die fetale Cortisol synthese auswirkt. Der erhöhte Cortisolspiegel stimuliert die Synthese von Surfactant-Komponenten und folglich auch Surfactant und kann deshalb eine beschleunigte

Lungenreifung induzieren (G. Braems et al., 1998; G. A. Braems et al., 2000; Gagnon et al., 1999; Gortner et al., 1999; Harding et al., 2000; Joyce et al., 2001; Nicolaidis et al., 1989). Eine frühe Anpassung des Fötus an ungünstige intrauterine Zustände im Zusammenhang mit einer Plazentainsuffizienz soll, neben einer beschleunigten Lungenreifung, auch eine beschleunigte Reifung von Teilen des Zentralnervensystems zur Folge haben (Amiel-Tison, 1968, 1980; Gluck & Kulovich, 1973; Gould et al., 1977).

Aufgrund der besonderen Entwicklungsumstände SGA-Neugeborener und dem engen Zusammenhang zwischen respiratorischer und laryngealer Funktionsfähigkeit, sollte diese mit Hilfe der Schreianalyse genauer betrachtet werden.

Berichte über die Analyse des Weins von SGA-Neugeborenen in der ersten Lebenswoche sind selten. In der älteren Literatur fallen zudem einige methodische Fehler auf. Zum Beispiel wurden in bisherigen Studien fast ausschließlich schmerzinduzierte Schreie von Neugeborenen vermessen, welche Eigenschaften besitzen, die dazu dienen, die Bezugsperson auf den Schmerzzustand aufmerksam zu machen (Johnston et al., 1993). Sie unterscheiden sich von spontanen Vokalisation hinsichtlich Dauer und Frequenz (Wermke, 2002). Schmerzschreie sind eine Form des emotionalen Ausdrucks und scheinen durch umfangreiche subkortikale Verbindungen zwischen sensorischen, motorischen und limbischen Systemen des Gehirns selbstregulierend gesteuert zu sein (Hopkins, 2000). Diese Schreie scheinen auf Hirnstammebene kontrolliert zu werden (MacLean, 2019; Murry, 1980).

Spontane Lautäußerungen zeigen im Unterschied dazu ein anderes Regelverhalten und scheinen, als eine Form des selbstbestimmten Ausdrucks, unter Einbeziehung höherer Hirnebenen und Strukturen, unter kortikaler Kontrolle zu stehen (Jürgens, 2002; Myers, 1969; Newman, 2007; Zeifman, 2001). Strukturen, die an der spontanen Lautproduktion beteiligt sind, sind der anteriore cinguläre Kortex (Jürgens & Ploog, 1970; Robinson, 1967; Schulz et al., 2005), das periaquäduktale Grau (Jürgens, 2002; Larson, 1991; Oka et al., 2008), und neokortikale und subkortikale Motorregionen, insbesondere mediale und laterale prämotorische Strukturen und Elemente der thalamokortikalen Basalganglien-Schaltung (Borszcz, 2006; Schulz et al., 2005).

Auch hinsichtlich der untersuchten Neugeborenen zeigten sich Unterschiede. Häufig wurden ausschließlich Neugeborene mit einem Geburtsgewicht unter 2000g (Michelsson,

1971), oder prätermere Neugeborene mit einem Gestationsalter unter 36 Wochen untersucht (Johnston et al., 1993; Michelsson et al., 1983). In einigen Arbeiten wurde das Gestationsalter beim Vergleich von präterm- und reifgeborenen Neugeborenen komplett vernachlässigt, somit wurden reifungsbedingte Einflüsse außer Acht gelassen (Johnston et al., 1993; Lester, 1987). Für prätermere Neugeborene bestätigten die Untersuchungen von Thodén et al. (1985) jedoch bereits, dass sich Schreieigenschaften in Abhängigkeit vom Gestationsalter verändern. Somit sollte das Gestationsalter auch bei einer intrauterinen Wachstumsretardierung berücksichtigt werden.

Betrachtet man die Literatur bezüglich der untersuchten Schreimerkmale, beziehen sich viele Arbeiten zum Säuglingsschrei auf die Grundfrequenz (Lester, 1987; Michelsson, 1971; Shinya et al., 2014; Thodén et al., 1985; Zeskind & Lester, 1978, 1981) oder Melodiecharakteristika (Risse, 2011). Nach dem aktuellen Wissensstand gibt es bislang keine vergleichbare Literatur, die sich auf die Auswirkungen einer intrauterinen Wachstumsretardierung auf die temporalen Eigenschaften der natürlichen Schreie bei reifgeborenen Säuglingen bezieht. Der Zusammenhang temporaler Charakteristika mit der Lungenkapazität (Chiswick & Milner, 1976) könnte jedoch, gerade wegen des umstrittenen Zustands der Lungenreife bei Neugeborenen mit intrauteriner Wachstumsretardierung, aufschlussreich für die prognostische Entwicklung der Neugeborenen sein. Generell wurden die zeitlichen Eigenschaften des Neugeborenen schreies nur in wenigen Arbeiten mit ausgewertet (Michelsson, 1971; Risse, 2011); jedoch wurde bislang nicht die ganze Einheit bestehend aus Inspiration, Expiration und der Intervalle dazwischen betrachtet. In den meisten Fällen erfolgte außerdem keine klare Definition des Messintervalls, weshalb die Ergebnisse dieser Arbeiten keine geeigneten Vergleichswerte für genau definierte Messintervalle bieten. Geeignete Referenzwerte für die temporalen Eigenschaften von Atemzyklen medizinisch unauffälliger und physiologisch reifer Neugeborener bieten Wermke et al., Sereschk und Robb (Robb et al., 2011; Sereschk, 2019; Wermke et al., 2019).

Ziel dieser Arbeit war es, die Rolle intrauterinen Wachstumsstörungen von Neugeborenen anhand der temporalen Eigenschaften ihrer spontanen Lautäußerungen zu untersuchen. In vorliegender Arbeit erfolgte die somatische Klassifikation der Neugeborenen anhand standardisierter Wachstumskurven nach Geburtsgewicht und Gestationsalter (siehe 2.3). Zusätzlich wurde geprüft, ob das Geschlecht, das Gestations-, oder Probandenalter und der



Geburtsmodus einen Einfluss auf die untersuchten temporalen Lauteigenschaften unauffälliger, reifgeborener Neugeborener haben. Die Grenzen des Messintervalls wurden exakt definiert und in Intervalle unterteilt (siehe 2.5.2). Phonierte Inspirationslaute sowie Expirationslaute wurden, als einzelne Messgrößen (Intervalle) und auch gemeinsam mit Pausen, zusammengefasst als vollständiges Messintervall, berücksichtigt und analysiert.

Es wurden folgende spezifische Fragestellungen untersucht:

- Gibt es Unterschiede bezüglich der absoluten und relativen Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven?
- Gibt es Unterschiede bezüglich der absoluten und relativen Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit vom Geburtsmodus?
- Zeigen sich geschlechtsspezifische Charakteristika in den Messgrößen?
- Gibt es Unterschiede bezüglich der absoluten und relativen Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit vom Probanden- und vom Gestationsalter der Neugeborenen?

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Ethikvotum**

Die für diese Arbeit retrospektiv analysierten Aufnahmen und Daten basieren auf einer inhaltlichen Zusammenführung von anonymisiert vorliegenden Aufnahmen aus zwei interdisziplinären Projekten der Frauenklinik und der Kinderklinik des Universitätsklinikums Würzburg mit dem Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) der Universität Würzburg. Die Studien wurden durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Julius- Maximilians- Universität Würzburg geprüft und ihrer Durchführung zugestimmt (Studiennummer Modus Studie:49/05; Studiennummer SGA-Studie: 56/05).

### **2.2 Methodologie**

In der Arbeit wurden temporale Lauteigenschaften anhand von 1659 spontanen Lautäußerungen von 56 Neugeborenen analysiert, deren Aufnahmen anonymisiert im Archiv des ZVES vorlagen. Die erneute Untersuchung der Archivaufnahmen war durch neuere Arbeiten motiviert, die eine hohe laryngeal-respiratorische Kontrollfähigkeit bereits bei Neugeborenen vermuten ließen, die für klinische Fragestellungen Relevanz haben.

Im Vergleich zu vorherigen Untersuchungen (Sereschk, 2019; Wermke et al., 2019) sollte in dieser Arbeit eine deutlich heterogenere Gruppe mit identischer Methode untersucht werden, um den möglichen Einfluss des Geburtsmodus und der intrauterinen Entwicklung auf die Kontrollfähigkeit abschätzen zu können. Im Fokus stand hier die Untersuchung eines potentiellen Einflusses des Geburtsmodus und der somatischen Reife der Neugeborenen (Vorliegen einer intrauterinen Wachstumsretardierung) auf die von Sereschk (2019) beschriebenen temporalen Lauteigenschaften der Neugeborenen. Um die Untersuchungen auf die genannten Faktoren beziehen zu können und Maskierungseffekte zu vermeiden, sollten auch hier nur Neugeborene mit unauffälligem Allgemeinzustand in die Analysen einbezogen werden (siehe Tabelle 1). Bevor dazu eine neue Studie konzipiert und durchgeführt werden müsste, sollten zunächst Aufnahmen verwendet werden, die bereits vorliegen.

Im Archiv des ZVES erfolgte deshalb die Auswahl geeigneter anonymisierter Aufnahmen von Neugeborenen aus den beiden in Kapitel 2.1 genannten Vorprojekten. Im Rahmen beider Studien wurden Daten in Form von digitalen Lautaufnahmen innerhalb der ersten vier bis fünf Lebensstage in der Neonatologie der Universitätsklinik Würzburg standardisiert von zwei früheren Doktorandinnen im Rahmen ihrer Dissertationen erhoben (Höing, 2010; Risse, 2011). Für die ursprüngliche MODUS-Studie wurden Laute von Neugeborenen verschiedener Geburtsmodi (Spontangeburt, primäre und sekundäre Sectio) erfasst. In der anderen Studie erfolgte die Lautaufzeichnung von Neugeborenen mit intrauteriner Wachstumsretardierung, sogenannten small-for-gestational-age Neugeborenen (SGA). Alle Daten wurden im Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (Leiterin: Prof. Dr. K. Wermke) an der Poliklinik für Kieferorthopädie (Direktorin: Prof. Dr. A. Stellzig-Eisenhauer) bearbeitet und ausgewertet und konnten für die vorliegende Re-Analyse in Form anonymisierter Audiofiles im WAV-Format verwendet werden.

Für detailliertere Beschreibungen der Originalstudien wird an dieser Stelle auf die Arbeiten von Höing (2010) und Risse (2011) verwiesen.

Die Autorin erhielt über das Archiv des ZVES Zugriff auf die im Archiv vorhandenen Audiofiles der beiden Studien. Für die Aufgabenstellung ihrer Arbeit musste die Autorin diese Audiofiles spezifisch aufarbeiten. Die Files setzten sich aus Sequenzen mit mehreren aufeinanderfolgenden Lauten, sogenannte Schreiserien zusammen sowie teilweise bereits editierten Einzelsignalen. Für die Analysen hier war gefordert, die Dauer ingressiver und egressiver Phonationen und den dazwischen liegenden nicht phonierten Pausen während des spontanen Weinens, wie von Sereschk (2019) beschrieben, zu vermessen. Die bereits editierten Daten waren nicht für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit geeignet, da sie lediglich die phonierte Expiration umfassten. Ingressive Phonationen vor und nach den Schreilaute waren nicht in den Audiofiles enthalten. Daher wurden durch die Autorin die originalen Schreiserien mithilfe des Sprachanalyse-Systems Computerized Speech Lab (CSL 4400) (PENTAX Medical USA) spezifisch vorverarbeitet und Einzelsignale (Schreilaute) mit den sie begleitenden Inspirationsgeräuschen erneut editiert. Dies erfolgte durch visuelle und auditive Beurteilung der ingressiven und egressiven Laute der Serien (Sequenzen von Schreien) (siehe Kapitel 2.5.1).

Für alle manuell segmentierten und editierten Signale wurden neue WAV-Dateien erstellt und gemäß der Auswerteroutinen am ZVES Frequenzspektren dazu automatisch erstellt.

Die finale Auswertung der Audiofiles erfolgte durch manuelle Annotation und Segmentierung temporaler Parameter (Kapitel 2.5.2). Diese erfolgte mit Hilfe der Sprachanalysesoftware PRAAT (Boersma & Weenink, 2014) und eines am ZVES verwendeten zugehörigen Skriptes (siehe 2.5.1).

Alle Messwerte wurden automatisiert in Excel-Dateien übertragen und statistisch mit der Software IBM SPSS Statistics (Version 26.0) ausgewertet; die Ergebnisse wurden in Kapitel 3 berichtet.

### **2.3 Neugeborenenkollektiv und Anzahl der Vokalisationen (Lautdatenbasis)**

Die Neugeborenenauswahl aus dem Archiv erfolgte anhand der in Tabelle 1 aufgeführten Einschlusskriterien.

**Tabelle 1: Einschlusskriterien für die vorliegende Analyse**

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• gesunde, reife Neugeborene <math>\geq 36</math> SSW und <math>\leq 41</math> SSW</li> <li>• kontrollierte Schwangerschaft mit unauffälligem Verlauf</li> <li>• keine Malformationen</li> <li>• keine Intubation und Beatmung</li> <li>• keine behandlungsbedürftige Hyperbilirubinämie</li> <li>• keine gravierende Hypo- / Hyperglykämie</li> <li>• Hörtestscreening mittels BERA am 2./3. Lebenstag beidseits unauffällig</li> <li>• TSH-Screening unauffällig</li> <li>• Apgar-Score <math>\leq 7</math>, NapH <math>\geq 7,1</math></li> </ul> |
|---|

Insgesamt umfasste das im Archiv verfügbare Kollektiv 55 Neugeborene mit geeigneten Audiodaten, darunter 32 Jungen und 23 Mädchen.

Basierend auf dem Geburtsmodus – Spontangeburt (VAG), primäre Sectio (PS), sekundäre Sectio (SS)- wurden die Probanden einer der drei Gruppen zugeordnet. Tabelle 2 zeigt die Anzahl der ausgewählten Neugeborenen differenziert nach ihrem Geburtsmodus. Zusätzlich erfolgte eine Kategorisierung der Probanden basierend auf ihrer somatischen Reife zur Geburt (Tabelle 2).

Für die somatische Klassifikation wurden hier das Geburtsgewicht und das Gestationsalter anhand normierter Perzentilkurven verwendet. Diese Kurven basieren auf den Ergebnissen der Analyse des Geburtsgutes (2007-2011) in Deutschland von Voigt et al. (2014). Die Perzentilwerte, die hier verwendet wurden hat PD Dr. Dr. M. Voigt der Autorin zur Verfügung gestellt. In Abhängigkeit vom Perzentilwert für das Gewicht in der vollendeten Schwangerschaftswoche zur Geburt erfolgte die Klassifizierung von Neugeborenen in drei Gruppen. Unterhalb der zehnten Perzentile galten Neugeborene als hypotroph oder small-for-gestational-age (SGA). Von der zehnten bis 90. Perzentile wurden die Neugeborenen als eutroph oder appropriate-for-gestational-age (AGA) und oberhalb der 90. Perzentile als hypertroph oder large-for-gestational-age (LGA) kategorisiert (Voigt et al., 1996). Hier wurden nur Neugeborene bis zur 90. Perzentile betrachtet; hypertrophe Neugeborene (LGA) wurden nicht in die Analysen einbezogen, da es keine geeigneten Fälle im Archiv gab.

Tabelle 2 zeigt die Anzahl der Neugeborenen pro Kategorie. Eine genauere Charakterisierung ist in Tabelle 3 erfolgt. Die graphische Darstellung der somatischen Reife des Neugeborenenkollektivs zeigt Abbildung 1 anhand von Perzentilkurven.

**Tabelle 2: Neugeborenenkollektiv**

Gruppen	VAG	PS	SS	$\Sigma$
<b>SGA</b>	10	8	3	21
<b>AGA</b>	10	14	10	34
$\Sigma$	20	22	13	55

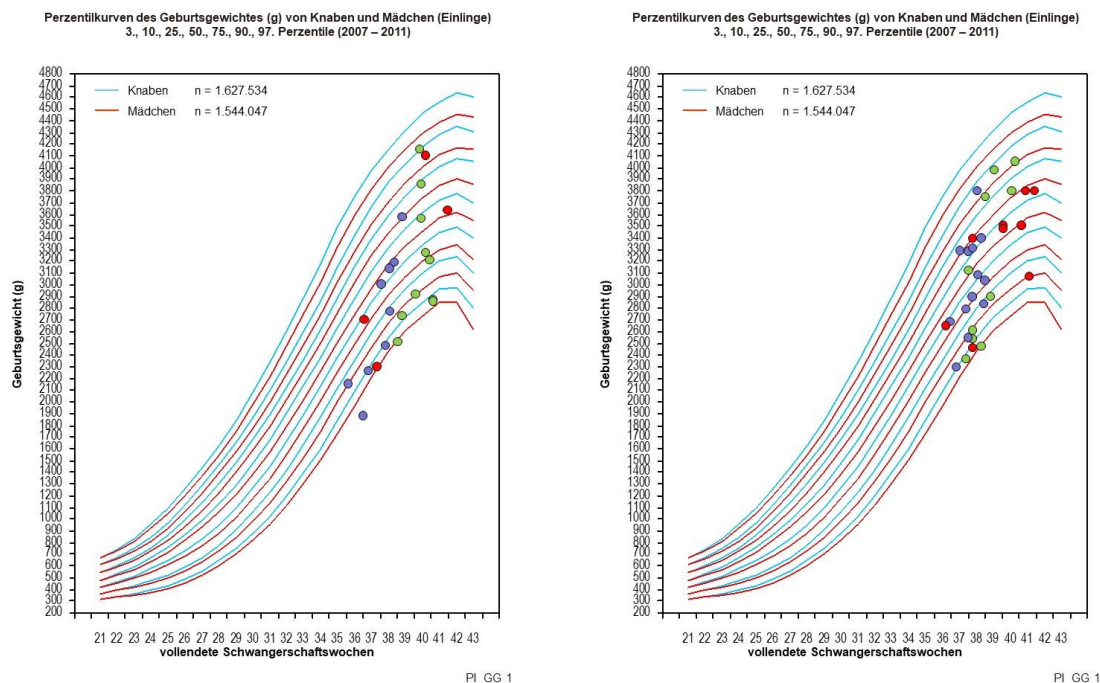
*SGA: small for gestational age*

*AGA: appropriate for gestational age*

*VAG: Spontangeburt*

*PS: primäre Sectio caesaria*

*SS: sekundäre Sectio caesaria*



**Abbildung 1: Perzentilkurven des gestationsaltersabhängigen Geburtsgewichts der Mädchen (links) und Jungen (rechts)**

grün: VAG; blau: PS; rot: SS

VAG: Spontangeburt; PS: primäre Sectio caesaria; SS: sekundäre Sectio caesaria

Die Perzentilwerte und Abbildungsvorlagen wurden freundlicherweise von PD Dr. Dr. M. Voigt zur Verfügung gestellt (Voigt et al., 2014).

## 2.4 Anzahl der Vokalisationen

Die Messintervalle aller Neugeborenen zusammen ergaben eine Anzahl von 1659. Die Definition und Segmentierung der Messintervalle ist in Kapitel 2.5 erläutert. Nach Voranalyse und Aussortierung nicht geeigneter Signale (Rauschen, Qualitätsmängel) wurden 1602 Messintervalle und Teilintervalle (siehe 2.5.1) analysiert und vermessen. Davon stammten 891 von männlichen und 711 von weiblichen Neugeborenen. Die VAG-Gruppe umfasst insgesamt 609 Aufnahmen (m:286; w:323). Aus der PS-Gruppe ergaben sich 580 Einzelsignale (m:335; w:245). In der SS-Gruppe waren es 413 Aufnahmen (m:270; w:143).

Unter Berücksichtigung der Klassifizierung nach der Somatik bezüglich des Geburtsgewichtes stammten 1099 Laute von AGA-Kindern (m:676; w:423), 503 von SGA-Kindern (m:215; w:288).

Nachfolgend liefert Tabelle 3 eine Zusammenfassung des Neugeborenenkollektivs und der zugehörigen Datenbasis.

**Tabelle 3: Übersicht des Neugeborenenkollektivs**

Kind	Modus	Geschlecht	GGW (g)	SSW	Somatik	Alter (d)	N	ΣN
AA	PS	w	1875	37+0	SGA	3	9	15
						5	6	
AB	PS	m	2290	37+2	SGA	3	3	9
						5	6	
AC	PS	w	2270	37+2	SGA	3	9	16
						5	7	
AD	PS	w	2510	38+0	SGA	3	12	24
						5	12	
AE	PS	w	2145	36+1	SGA	3	6	8
						5	2	
AF	PS	m	2535	38+1	SGA	3	9	13
						5	4	
AG	PS	m	2805	38+0	AGA	1	7	37
						3	30	
AH	PS	m	3410	38+6	AGA	1	5	35
						3	30	
AI	PS	m	3285	37+4	AGA	1	25	31
						3	6	
AJ	PS	w	3150	38+1	AGA	3	4	20
AK	PS	m	3805	38+3	AGA	1	16	29
						3	13	
AL	PS	w	2800	38+1	SGA	1	18	26
						3	8	
AM	PS	m	3280	38+1	AGA	1	15	32
						3	17	
AN	PS	m	2690	37+0	AGA	1	25	36
						3	11	
AO	PS	m	3025	39+1	AGA	1	22	32
						3	10	
AP	PS	m	2835	39+0	SGA	1	3	23
						3	20	
AQ	PS	m	3305	38+2	AGA	1	23	33
						3	10	
AR	PS	w	3010	37+6	AGA	1	31	50
						3	19	
AS	PS	w	3200	38+5	AGA	1	5	37
						4	32	
AT	PS	m	3050	38+3	AGA	3	24	24
AU	PS	m	2910	38+2	AGA	1	5	24
						3	19	
AV	PS	w	3570	39+1	AGA	1	14	33
						4	19	
AW	SS	w	2310	37+5	SGA	2	12	24
						4	12	

MATERIAL UND METHODEN

Tabelle 3 (Fortsetzung)

AX	SS	m	2430	38+2	SGA	3	12	17
						5	5	
AY	SS	m	2660	36+6	AGA	1	17	25
						3	8	
AZ	SS	m	3480	40+0	AGA	1	33	40
						4	7	
BA	SS	m	3480	41+0	AGA	1	5	45
						4	40	
BB	SS	w	2710	37+1	AGA	1	22	50
						3	28	
BC	SS	m	3440	40+0	AGA	2	2	15
						4	13	
BD	SS	m	3800	41+1	AGA	1	22	41
						3	19	
BE	SS	m	3800	41+5	AGA	1	14	33
						4	19	
BF	SS	m	3030	40+2	SGA	1	7	33
						3	26	
BG	SS	w	4100	40+4	AGA	2	16	27
						3	11	
BH	SS	w	3665	41+6	AGA	1	10	31
						3	21	
BI	SS	m	3410	38+2	AGA	1	10	27
						3	17	
BJ	VAG	w	2875	41+0	SGA	4	29	29
BK	VAG	w	2730	39+1	SGA	2	8	59
						5	51	
BL	VAG	m	2460	38+5	SGA	2	14	24
						4	10	
BM	VAG	m	2600	38+2	SGA	2	13	16
						4	3	
BN	VAG	w	2530	38+6	SGA	3	4	12
						4	8	
BO	VAG	m	2520	38+2	SGA	3	15	31
						5	16	
BP	VAG	m	2365	38+0	SGA	2	8	18
						4	10	
BQ	VAG	w	3265	40+4	AGA	1	16	52
						3	36	
BR	VAG	w	3850	40+2	AGA	2	6	14
						4	8	
BS	VAG	m	3990	39+3	AGA	2	13	33
						4	20	
BT	VAG	w	2875	41+0	SGA	1	8	31
						3	23	
BU	VAG	m	3105	38+0	AGA	1	13	22
						3	9	
BV	VAG	w	3210	40+6	AGA	1	12	34
						3	22	
BW	VAG	m	3745	38+6	AGA	1	6	34
						3	28	
BX	VAG	w	2920	39+5	SGA	1	7	35
						3	28	
BY	VAG	m	2900	39+2	SGA	1	21	39
						3	18	
BZ	VAG	m	3790	40+3	AGA	2	12	30
						4	18	
CA	VAG	w	4180	40+0	AGA	1	4	27
						3	23	
CB	VAG	m	4055	40+5	AGA	1	14	40
						3	26	
CD	VAG	w	3545	40+2	AGA	1	16	26
						3	10	

**Modus:** *Geburtsmodus*  
 VAG= Spontangeburt; PS= primäre Sectio; SS= sekundäre Sectio  
**Geschlecht:** *m= männlich; w= weiblich*  
**GGW (g):** *Geburtsgewicht in Gramm*  
**SSW:** *vollendete Schwangerschaftswoche + Tage*  
**Somatik:** *somatische Reifebeurteilung*  
 SGA=small for gestational age; AGA= appropriate for gestational age;  
**Alter (d):** *Probandenalter zum Zeitpunkt der Lautaufnahmen in Tagen*  
**N:** *Anzahl analysierter Laute pro Aufnahmetag*  
**ΣN:** *Gesamtanzahl der analysierten Laute des Neugeborenen*



## 2.5 Datenanalyse

### 2.5.1 Selektion von Messintervallen aus den Audiofiles

Die Bearbeitung der im Archiv des ZVES vorhandenen Schreiserien (Serien mehrerer aufeinanderfolgender Schreie) erfolgte durch die Autorin mithilfe der Sprachanalysesoftware CSL 4400. Durch manuelle Cursorsetzung erfolgte die Segmentierung und das Abspeichern von Einzelsignalen (egressiven Vokalisationen) und begleitenden Inspirationsgeräuschen (ingressive Vokalisationen). Ein Messintervall ist für diese Arbeit definiert als eine Einheit bestehend aus der dem Schrei vorangehenden ingressiven Phonation (Inspiration 1) und der darauf folgenden egressiven Phonation (Schrei) einschließlich der nicht lautierten Pausen vor und nach der egressiven Phonation bis zu Beginn der darauffolgenden Inspiration (Inspiration 2).

Eine schematische Darstellung eines Messintervalls und der darin vermessenen Teilintervalle erfolgen in Kapitel 2.5.2.

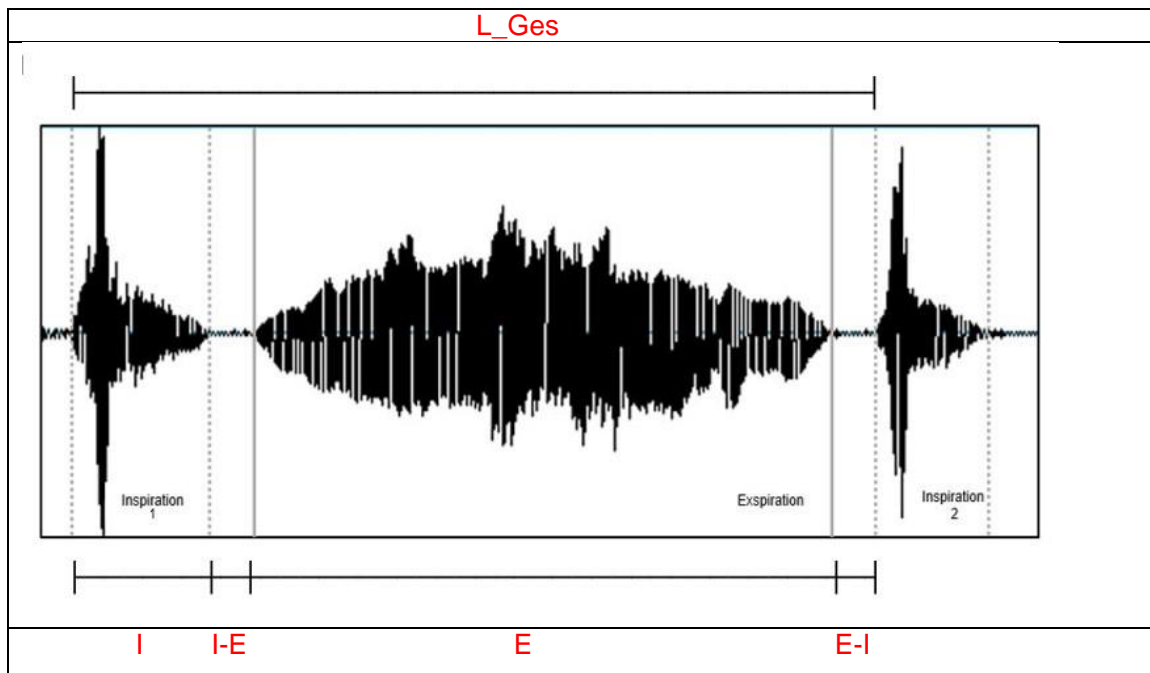
### 2.5.2 Messgrößen und Messalgorithmus

In der vorliegenden Arbeit wurden, im Gegensatz zu vorherigen Analysen der Vorstudien (Höing, 2010; Risse, 2011), die temporalen Lauteigenschaften der einzelnen Intervalle direkt am Zeitsignal analysiert. Nach der von Sereschk (2019) im ZVES eingeführten, hier in gleicher Weise angewandten Methode, wurden phonierte Inspirationslaute sowie Expirationslaute, als einzelne Messgrößen (Intervalle) und auch gemeinsam mit Pausen, zusammengefasst als vollständiges Messintervall, berücksichtigt und analysiert.

Die in Tabelle 4 aufgeführten temporalen Messgrößen wurden mit dem Programm PRAAT ermittelt und vermessen. Abbildung 2 zeigt die Messgrößen in einem grafischen Schema.

**Tabelle 4: Erklärung der für die Analysen verwendeten und berechneten Größen**

<b>Bezeichnung</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>L_Ges</b>	Gesamtlänge eines Messintervalls gemessen ab Beginn der phonierten Inspiration 1 bis zum Beginn der auf den Schrei folgenden Inspiration 2
<b>I</b>	Dauer der ingressiven Vokalisation von Inspiration 1
<b>I-E</b>	Nicht phoniertes Intervall zwischen dem Ende von I und dem Beginn der phonierten Expiration (Einzelsignal)
<b>E</b>	Dauer der egressiven Vokalisation (Einzelsignal)
<b>E-I</b>	Nicht phoniertes Intervall zwischen Einzelsignalende und Inspiration 2
<b>I'</b>	Inspirationslänge (I+I-E)
<b>E'</b>	Expirationslänge (E+E-I)
<b>I'/E'</b>	Verhältnis der Inspirationslänge zur Expirationslänge
<b>I'/E'/L_ges</b>	Längennormierter Quotient



**Abbildung 2: Schematische Darstellung eines Messintervalls**

**In der schematischen Zeitbereichsdarstellung erkennt man die egressive und ingressive Vokalisationen deutlich, sie wurden manuell durch Cursorsetzung markiert.**

*Oszillogramm des Signals mit Visualisierung der zu vermessenden Intervalle und der angewandten Cursorsetzung*

*Inspiration 1: Inspiration vor Lautäußerung (ingressiv)*

*Expiration : Lautäußerung (egressiv)*

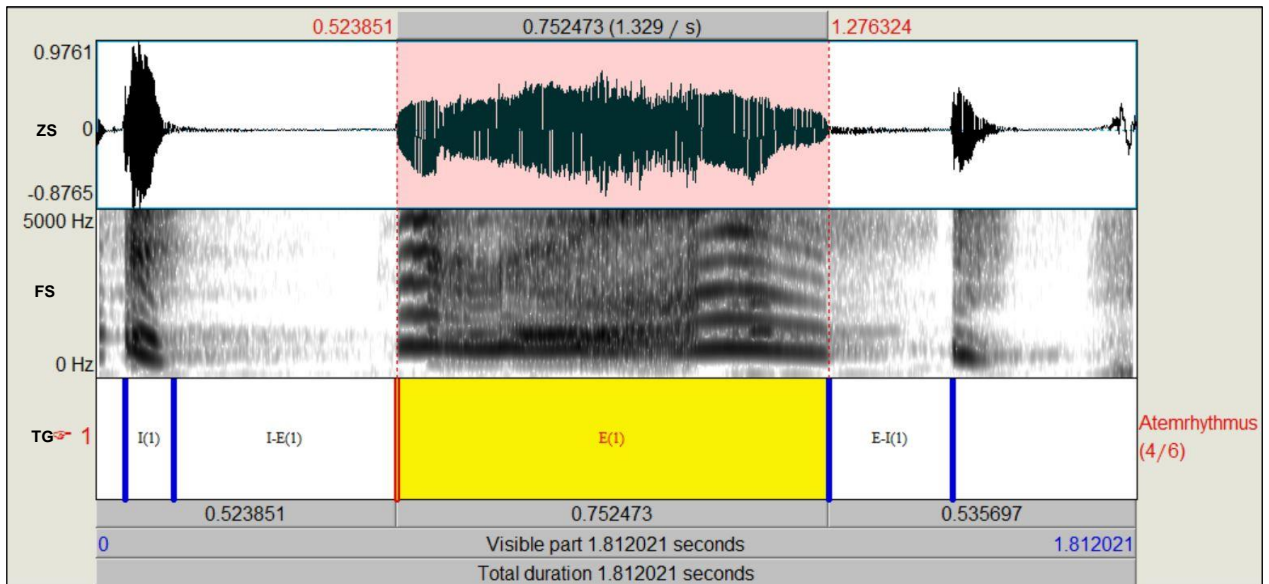
*Inspiration 2: nachfolgende Inspiration (ingressiv)*

*L\_Ges= Messintervall, I= Dauer der ingressiven Vokalisation von Inspiration 1, I-E= nicht phoniertes Intervall zwischen dem Ende von I und dem Beginn der phonierten Expiration, E= Dauer der egressiven Vokalisation (Einzelsignal), E-I= nicht phoniertes Intervall zwischen Einzelsignalende und Inspiration 2*

Die Cursorsetzung (Abbildung 2 und Abbildung 3) erfolgte zu Beginn und Ende der phonierten inspiratorischen sowie der expiratorischen Phase eines Lautes und grenzte damit vier Teilintervalle pro Messintervall voneinander ab. Diese setzten sich zusammen aus der ingressiven Vokalisation (I), dem nicht phonierten Intervall I-E zwischen dem Ende von I und dem Beginn der phonierten Expiration, der egressiven Vokalisation E (Einzelsignal) und dem nicht phonierten Intervall E-I zwischen Einzelsignalende und der darauffolgenden erneuten Inspiration (auch I2 genannt). Die Intervalle wurden jeweils mit ihren Bezeichnungen (I, I-E, E, E-I) im Textgrid beschriftet und ihre Zeitdauer anschließend automatisch gespeichert. Wenn durch Rauschen, Hintergrundgeräusche und schlechte Tonqualität im Bereich der Intervallgrenzen keine eindeutige Cursorposition festgelegt

werden konnte wurde das Intervall mit Kategorie 2 bewertet. Die Kategorisierung erfolgte durch Anhängen der Zahlen 1 und 2 an das jeweilige Intervallkürzel. Kategorie 1 steht hierbei für qualitativ gut identifizierbare Intervalle, für welche das Setzen der Cursor sehr exakt möglich war (Abbildung 3). In die statistische Analyse gingen nur Messintervalle der Kategorie 1 und einzelne Intervalle der Kategorie 1 ein. Intervalle und Messintervalle der Kategorie 2 wurden hier nicht weiter analysiert.

Die Cursorsetzung und Ermittlung der temporalen Intervalle mit der Software PRAAT ist in Abbildung 3 visualisiert. Das verwendete Praat-Skript wurde von Dr. Navid Sereschk, einem ehemaligen Doktoranden am ZVES, erstellt und im SprachanalySELabor implementiert (Sereschk, 2019). Das Skript stellt die ausgewählte WAV-Datei zur grafischen Signaldarstellung als Zeitsignal (Oszillogramm) mit zugehörigem Frequenzspektrogramm dar. Im unteren Fenster erfolgte die Annotation der manuell gesetzten Cursor durch die Autorin. Das Textgrid ermöglichte die automatische Vermessung der Zeitintervalle unter Verwendung der Cursorsetzung (Abbildung 3). Bei Anwendung des Skriptes wird zu jedem vermessenen Intervall eine Textdatei ausgegeben, welche die Zeitwerte der einzelnen Teilintervalle beinhaltet. Die Werte werden automatisiert in eine Tabelle (Microsoft Excel, Microsoft Corporation) übertragen und stehen somit für die statistische Datenauswertung zur Verfügung.



**Abbildung 3: PRAAT-Display der Analyse eines Messintervalls mit Textgrid und Cursorsetzung zur Begrenzung der Teilintervalle. Zeitbereichsdarstellung (oben), Frequenzspektrum (mittig) und Textgrid (unten)**  
*ZS= Zeitsignal; FS=Frequenzspektrum; TG=Textgrid, I=Inspirationslänge, I-E= nicht phoniertes Intervall zwischen Inspiration 1 und Expiration, E=Expirationslänge, E-I= nicht phoniertes Intervall zwischen Expiration und Inspiration 2*

### 2.5.3 Reliabilität

Um sicherstellen zu können, dass die gemessenen Werte und die damit durchgeführten Analysen reproduzierbar und aussagekräftig sind, wurden sie einem Reliabilitätstest unterzogen. Hierfür wurden 50 Messintervalle unterschiedlicher Kategorien nach fünf Monaten erneut vermessen. 50 Neugeborene waren innerhalb dieser Messungen höchstens einmal vertreten und es wurde auf ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis geachtet. Verglichen wurden die mittlere Differenz sowie die Standardabweichung der einzelnen Teilintervalle zwischen den Originalmesswerten und den erneut vermessenen Zeitwerten. Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Reliabilitätsprüfung. Es ergab sich ein arithmetisches Mittel aller Phasen von 0,00676 s und eine Standardabweichung von 0,00539 s. Es zeigt sich eine hohe Messgenauigkeit für die durchgeführten Analysen.

**Tabelle 5: Ergebnis der Reliabilitätsprüfung durch Messwiederholung**

	I	I-E	E	E-I
mittlere Differenz [s]	0,00320	0,00211	0,01397	0,00774
Standardabweichung [s]	0,00763	0,00408	0,09009	0,03583

### 2.5.4 Statistische Datenanalyse

Die mit Praat berechneten Parameter und Messgrößen wurden, nach Ausgabe der Daten durch das beschriebene Praat Skript, in Excel-Tabellen zusammengeführt, um sie anschließend mit der Software IBM SPSS Statistics (Version 26.0) statistisch auswerten zu können.

Die Auswertung erfolgte auf zwei verschiedenen Ebenen, der kindlevelbasierten und der signallevelbasierten Ebene.

Die Messgrößen eines jeden Kindes wurden allgemein, ebenso wie tagesspezifisch, arithmetisch gemittelt und gingen anschließend in die statistische Datenauswertung mit ein.

Verteilungseigenschaften wurden durch die deskriptive und explorative Datenanalyse dargestellt. Für jede Messgröße wurden zusätzlich die gängigen statistischen Größen, wie Mittelwert, Median, Standardabweichung, sowie Minimum und Maximum erfasst.

Die Verteilungseigenschaften der einzelnen Messgrößen wurden neben Histogrammen und Streu-Punkt-Diagrammen auch anhand von Boxplot-Diagrammen grafisch dargestellt. Die Quartile wurden in dieser Arbeit so gewählt, dass die untere Begrenzung der 25. und die obere der 75. Perzentile entsprach. Die Box selbst repräsentierte den Interquartilbereich. Der Median wurde durch die mittlere Querlinie, das Maximum durch den oberen Whisker und das Minimum durch den unteren Whisker illustriert. Ausreißer lagen zwischen 1,5 bis 3 Boxlängen vom Minimum, oder Maximum entfernt und wurden durch einen Kreis gekennzeichnet. Extremwerte hingegen lagen mindestens 3 Boxlängen entfernt und wurden durch einen Stern gekennzeichnet. Die Mittelwerte der temporalen Parameter der einzelnen Atemintervalle (I; I-E; E; E-I) wurden für jedes Kind allgemein und zusätzlich separat für jeden der Aufnahmetage berechnet und in die Gruppenanalyse mit einbezogen.

Nach Überprüfung auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk wurden, je nach Testergebnis, parametrische nicht-parametrische Testverfahren zur weiteren statistischen Auswertung angewandt. Der Vergleich von Mittelwerten erfolgte mithilfe von t-Test, ANOVA, Mann-Whitney-U-Test oder dem Wilcoxon-Test. Potentielle Zusammenhänge zwischen den Messgrößen wurden mithilfe von Korrelationstests (Pearson; Spearman) und der linearen Regressionsanalyse untersucht. Als Signifikanzniveau wurde für alle Testverfahren  $p=0,05$  festgelegt.

### **3 Ergebnisse**

Nach akustischer und visueller Beurteilung und Einteilung in die Kategorien 1 und 2 (siehe 2.5.1) konnten 1602 Messintervalle und Teilintervalle der Kategorie 1 von 55 Neugeborenen final analysiert werden. Ein Neugeborenes lieferte keine Kategorie 1 Messintervalle und wurde deshalb nicht in die Analysen mit einbezogen.

Wie in Kapitel 2.5.4 bereits erläutert, wurde die Analyse der Daten auf zwei Ebenen durchgeführt, kind- und messintervallbasiert.

Im Folgenden werden die deskriptiven Statistiken und Tests auf Gruppenunterschiede der Zeitdauer der einzelnen Intervalle des Atem-Phonation-Zyklus sowie der gesamten Messintervalllänge auf Kindebene und Signalebene berichtet.

#### **3.1 Analyse der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) von Inspiration 1**

In diesem Kapitel sind die Ergebnisse der Analyse der Dauer der ingressiven Vokalisation des Atem-Phonation-Zyklus vor der jeweiligen egressiven Phonation jedes Messintervalls berichtet (siehe auch Tabelle 4). Neben allgemeinen deskriptiven Statistiken wurden spezifische Vergleiche bezüglich Geschlecht, Geburtsmodus, somatischer Reife, Gestations- und Neugeborenenalter dargestellt.

##### **3.1.1 Deskriptive Statistik der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisation (I)**

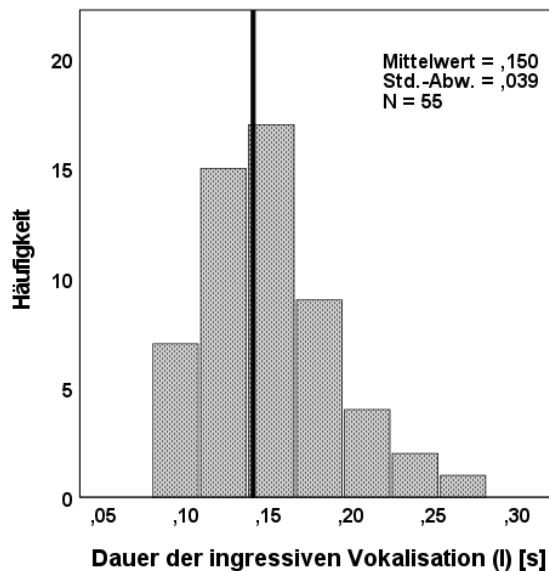
Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse der deskriptiven Statistik der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisation (I) aller Neugeborenen.



**Tabelle 6:** Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) [N=55]

Dauer der ingressiven Vokalisation (I)	
Mittelwert ( $\pm$ SD) [s]	0,150 ( $\pm$ 0,039)
Median [s]	0,142
Minimum [s]	0,090
Maximum [s]	0,278

Die Ergebnisse beziehen sich auf die zuvor gemittelten Werte pro Neugeborenes. Man erkennt eine sehr geringe Varianz der gemittelten Messungen. Abbildung 1 zeigt die Verteilung aller Kindmittel anhand eines Histogramms. Der Medianwert ist als vertikale Orientierungslinie im Histogramm zu erkennen. Die dargestellte häufigste Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,145 bis 0,174 s. Gemäß des Shapiro-Wilk-Tests liegt keine hinreichende Normalverteilung der Daten für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation vor ( $p=0,09$ ).



**Abbildung 4:** Histogramm: Verteilung der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen

Vertikale Orientierungslinie = Medianwert  
Bin-Breite: 0,029 s; Modalbin: 0,145-0,174 s

### 3.1.2 Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) im Geschlechtervergleich

Im nächsten Schritt wurde die Dauer der ingressiven Vokalisation (I) auf das Vorliegen von geschlechtsspezifischen Unterschieden untersucht. Mit in die Analyse einbezogen wurden 23 Mädchen und 32 Jungen. Tabelle 7 zeigt die zugehörige deskriptive Statistik.

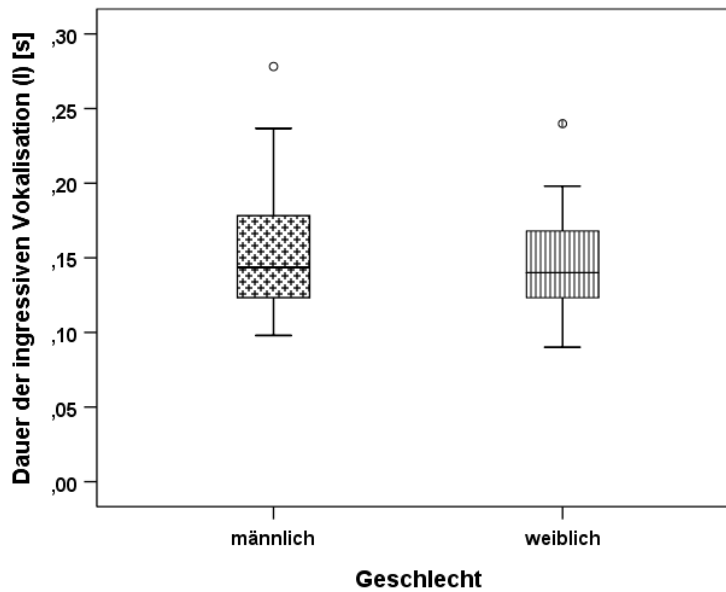
**Tabelle 7: Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Geschlecht**

Dauer der ingressiven Vokalisation (I)		
	männlich [N=32]	weiblich [N=23]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,153 (±0,041)	0,147 (±0,036)
<b>Median [s]</b>	0,144	0,140
<b>Minimum [s]</b>	0,098	0,090
<b>Maximum [s]</b>	0,278	0,240

Die Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der beiden Geschlechter sind in Abbildung 5 als Boxplot-Diagramm veranschaulicht.

Die Werte von zwei Neugeborenen (männlich: AP; weiblich: BZ) liegen außerhalb der Whisker und sind somit Ausreißer. Im Diagramm wurden diese mit einem Kreis markiert. Um die relative Streuung der Daten darzustellen, wurde der Variationskoeffizient als Streuungsmaß gewählt. Für die weiblichen Neugeborenen lag der Variationskoeffizient bei 25%. Bei den männlichen Probanden ergab sich eine Variabilität von 27%.

Nach Shapiro-Wilk lag in der Gruppe der männlichen Neugeborenen keine hinreichende Normalverteilung vor (männlich:  $p=0,011$ ; weiblich:  $p=0,703$ ). Der anschließend verwendete Mann-Whitney-U-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ( $p=0,838$ ).



**Abbildung 5:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich

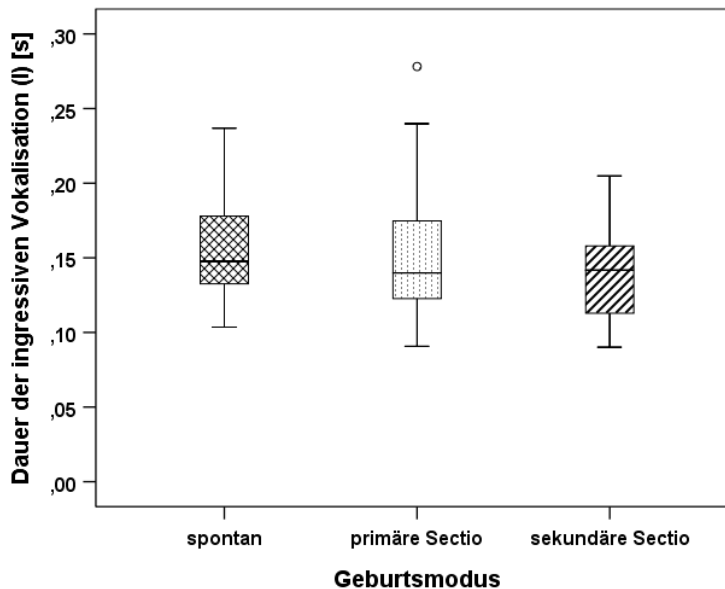
### 3.1.3 Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchung eines Einflusses des Geburtsmodus auf die Dauer der ingressiven Vokalisation (I) berichtet. Insgesamt wurden 55 Neugeborene in die Analyse mit einbezogen. 20 Neugeborene kamen spontan zur Welt, 22 Neugeborene wurden durch eine primäre Sectio und 13 durch eine sekundäre Sectio entbunden. Die deskriptive Statistik wird in Tabelle 8 berichtet.

**Tabelle 8: Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus**

Dauer der ingressiven Vokalisation (I)			
	Spontangeburt [N=20]	Primäre Sectio [N=22]	Sekundäre Sectio [N=13]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,152 (±0,033)	0,154 (±0,046)	0,143 (±0,036)
<b>Median [s]</b>	0,148	0,140	0,142
<b>Minimum [s]</b>	0,104	0,091	0,090
<b>Maximum [s]</b>	0,242	0,278	0,205

In Abbildung 6 wird anhand eines Boxplot-Diagrammes die Verteilung der kindgemittelten Werte der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) im Gruppenvergleich aufgezeigt.



**Abbildung 6: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus**

Der Wert eines Neugeborenen (PS: AP) liegt außerhalb der Whisker und gilt somit als Ausreißer. Im Diagramm wurde dieser mit einem Kreis markiert. Die Variabilität wird anhand

der Variationskoeffizienten beschrieben. Der Variationskoeffizient von PS (30%) liegt etwas höher als bei den anderen beiden Gruppen (VAG: 22%, SS: 25%).

Nach Shapiro-Wilk waren die Daten der PS-Gruppe ( $p=0,041$ ), im Gegensatz zu VAG ( $p=0,274$ ) und SS ( $p=0,720$ ) nicht normalverteilt. Zur Analyse der Daten auf mögliche Unterschiede zwischen den Geburtsmodi bezüglich der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) wurde deshalb der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ( $p= 0,859$ ).

### 3.1.4 Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit von der somatischen Reife

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, erfolgte eine Kategorisierung der Neugeborenen nach ihrer somatischen Reife anhand des gestationsaltersabhängigen Geburtsgewichtes in SGA- und AGA-Neugeborene. 21 Probanden gehörten zur SGA-Gruppe, 34 Probanden zur AGA-Gruppe (Kapitel 2.3). In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zusammengefasst.

**Tabelle 9:** Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation

Dauer der ingressiven Vokalisation (I)		
	SGA [N=21]	AGA [N=34]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,160 (±0,045)	0,145 (±0,034)
<b>Median [s]</b>	0,146	0,138
<b>Minimum [s]</b>	0,101	0,090
<b>Maximum [s]</b>	0,278	0,242

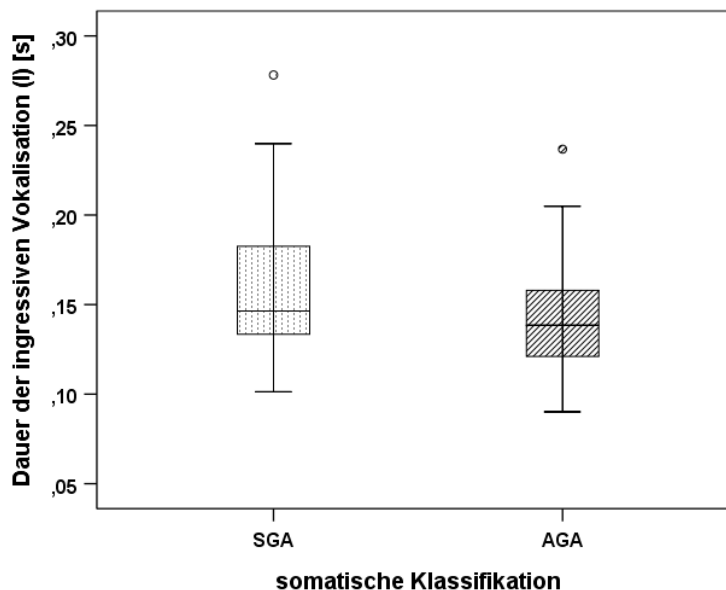
*SGA: small-for-gestational-age/hypotroph*

*AGA: appropriate-for-gestational-age/eutroph*

Auch hier wurde ein Boxplot-Diagramm zur Visualisierung der Ergebnisse gewählt (Abbildung 7).

Die Werte von zwei Neugeborenen (SGA: AP; AGA: BZ) liegen außerhalb der Whisker und sind somit Ausreißer. Im Diagramm wurden diese mit einem Kreis markiert. Die Variationskoeffizienten zeigen, dass ein geringer Unterschied in der Variabilität zwischen den Gruppen besteht (SGA: 28%; AGA: 23%;).

Die Daten waren nach Shapiro-Wilk hinreichend normalverteilt (SGA:  $p=0,109$ ; AGA:  $p=0,262$ ). Anhand des t-Tests für unabhängige Stichproben konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden ( $p=0,169$ ).

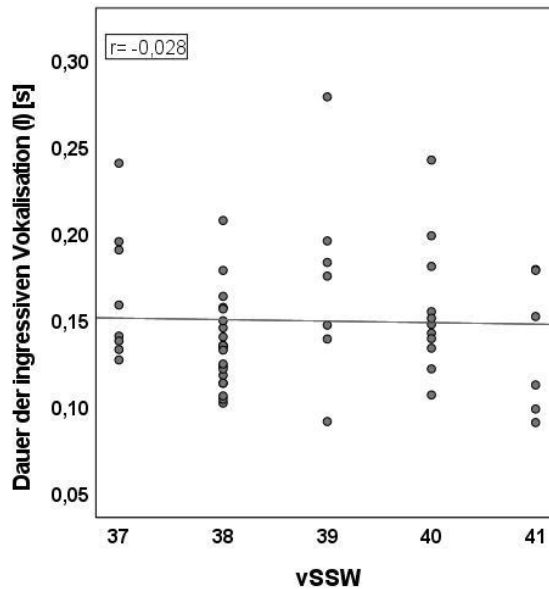


**Abbildung 7:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation  
 SGA: *small-for-gestational age/hypotroph*  
 AGA: *appropriate-for-gestational-age/eutroph*

### 3.1.5 Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Gestationsalter

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit einem möglichen Einfluss des Gestationsalters, der vollendeten Schwangerschaftswoche (vSSW), zur Geburt auf die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen.

Abbildung 8 veranschaulicht die Analyseergebnisse anhand eines Streu-Punkt-Diagrammes.



**Abbildung 8: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW)**

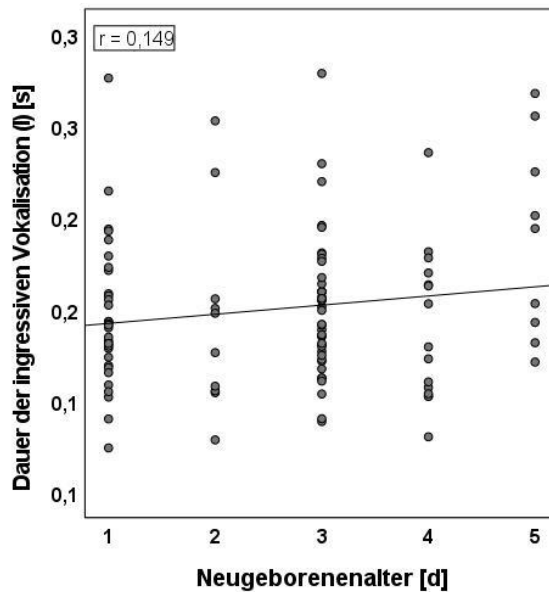
Das Diagramm zeigt, dass bezüglich der vSSW kein deutlicher Einfluss auf die Dauer der ingressiven Vokalisation (I) zu bestehen scheint. Mit zunehmender SSW ist die Dauer der ingressiven Vokalisation (I) gering fallend. Da nur zwei Neugeborene vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche entbunden wurden, wurden die Werte dieser beiden Neugeborenen nicht in den anschließend durchgeführten Tests berücksichtigt.

Die Daten waren nach Shapiro-Wilk hinreichend normalverteilt. Es besteht keine signifikante Korrelation zwischen den untersuchten Größen (Pearson:  $p=0,840$ ). In der einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) ergaben sich ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Mittelwerten für verschiedene vSSW ( $p=0,111$ ). Die Varianzhomogenität der Daten wurde durch den Levene-Test geprüft und bestätigt [ $F_{(4;48)}=1,464$ ;  $p=0,228$ ].

### 3.1.6 Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter

Der Einfluss des Geburtszeitpunktes wurde zuvor untersucht; in diesem Kapitel wird dargestellt, ob das Neugeborenenalter (in Tagen) zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt einen Einfluss auf die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) der Neugeborenen hatte.

Abbildung 9 veranschaulicht die Analyseergebnisse anhand eines Streu-Punkt-Diagrammes.



**Abbildung 9: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt**

Das Diagramm zeigt, dass mit zunehmendem postnatalem Alter die Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) leicht anzusteigen scheint.

Laut Shapiro-Wilk lag keine hinreichende Normalverteilung der Daten vor. Der Test nach Spearman zeigt keine signifikante Korrelation zwischen den untersuchten Größen ( $p=0,262$ ).



### 3.1.7 Deskriptive Analyse der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) auf Signalebene (Messintervall)

Für die signalbezogene Analyse der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) wurden 1308 Messintervalle für die Untersuchung herangezogen. Eine Übersicht über die Resultate der deskriptiven Statistik bietet Tabelle 10.

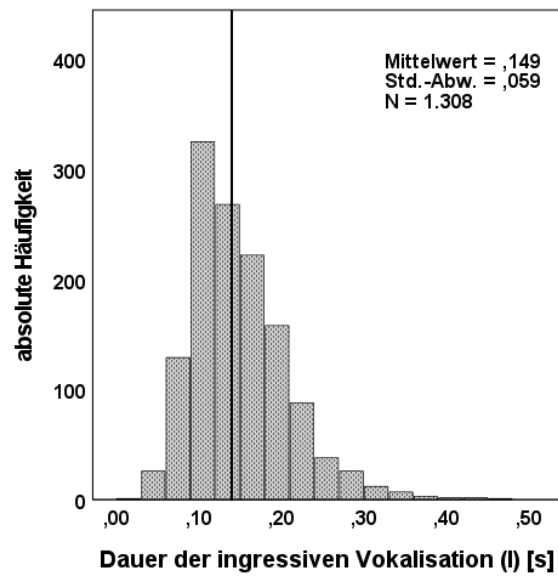
**Tabelle 10:** Deskriptive Statistik der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) auf Signalebene (Messintervall) [N=1308]

Dauer der ingressiven Vokalisation (I)	
Mittelwert (±SD) [s]	0,149 (±0,059)
Median [s]	0,138
Minimum [s]	0,027
Maximum [s]	0,460

Im Vergleich zu den Daten der Analyse auf Kindebene unterscheiden sich die Werte kaum, lediglich das Maximum der Auswertung aller Messintervalle ohne Mittelung pro Neugeborenes liegt mit 0,46 s höher (siehe 3.1.1 und Tabelle 6).

Das Histogramm (Abbildung 10) visualisiert die Verteilung der Daten. Im Diagramm wurde der Median als vertikale Linie zur x-Achse eingefügt. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,09-0,12 s. Laut Shapiro-Wilk liegt keine Normalverteilung für die Daten vor ( $p < 0,05$ ).

## ERGEBNISSE



**Abbildung 10:** Histogramm: Verteilung der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen auf Signalebene  
Vertikale Orientierungslinie = Medianwert  
Bin-Breite: 0,03 s; Modalbin: 0,09-0,12 s

### 3.2 Analyse der Inspirationslänge (I')

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Inspirationslänge (I') dargestellt (siehe Tabelle 4). Es werden allgemeine deskriptive Statistiken sowie spezifische Vergleiche bezüglich Geschlecht, Geburtsmodus, somatischer Reife, Gestations- und Neugeborenenalter berichtet.

#### 3.2.1 Deskriptive Statistik der mittleren Inspirationslänge (I')

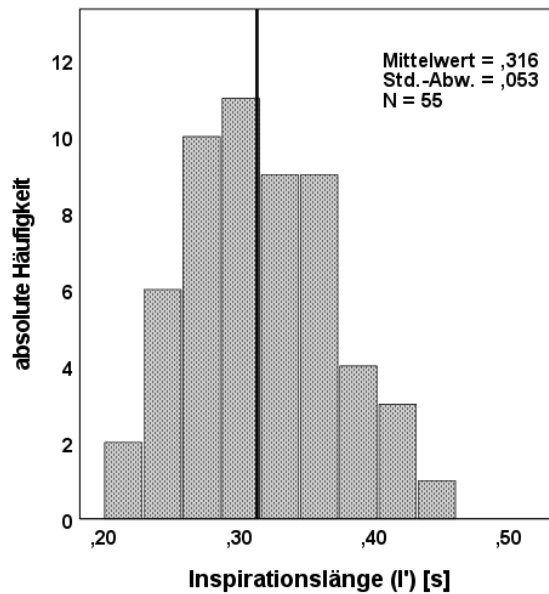
Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik der mittleren Inspirationslänge (I') sind in Tabelle 11 zusammengefasst.

**Tabelle 11: Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge (I') [N=55]**

Inspirationslänge (I')	
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,316 (±0,053)
<b>Median [s]</b>	0,313
<b>Minimum [s]</b>	0,219
<b>Maximum [s]</b>	0,453

Abbildung 11 zeigt die Verteilung der mittleren Inspirationslänge (I') in Form eines Histogramms. Der Medianwert ist als vertikale Orientierungslinie im Histogramm zu erkennen. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,290 bis 0,319 s. Laut Shapiro-Wilk waren die Daten hinreichend normalverteilt (p=0,423).

## ERGEBNISSE



**Abbildung 11: Histogramm: Verteilung der mittleren Inspirationslänge (I') der Neugeborenen**

*Vertikale Orientierungslinie = Medianwert  
Bin-Breite: 0,029 s; Modalbin: 0,290-0,319 s*

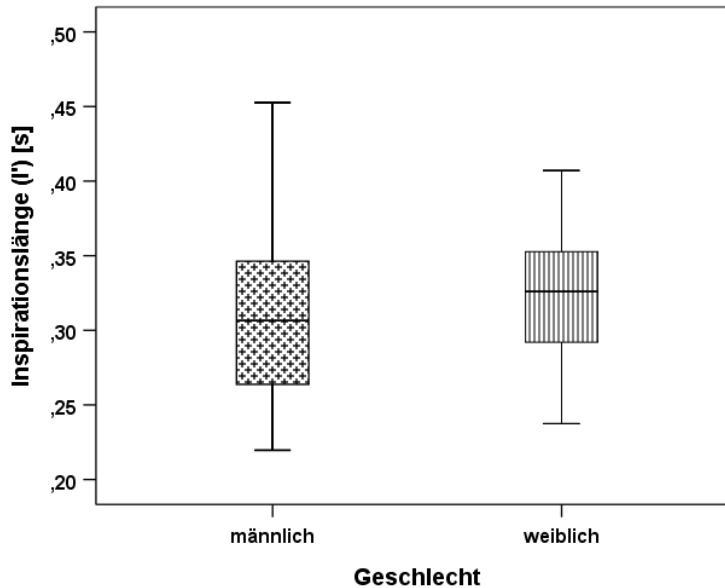
### 3.2.2 Mittlere Inspirationslänge (I') im Geschlechtervergleich

Im Folgenden wurde untersucht, ob geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der mittleren Inspirationslänge (I') bestehen. Die zugehörige deskriptive Statistik ist in Tabelle 12 zusammengefasst.

**Tabelle 12: Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Geschlecht**

Inspirationslänge (I')		
	männlich [N=32]	weiblich [N=23]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,313 (±0,059)	0,320 (±0,044)
<b>Median [s]</b>	0,312	0,324
<b>Minimum [s]</b>	0,219	0,255
<b>Maximum [s]</b>	0,453	0,407

Abbildung 12 stellt die Verteilungseigenschaften der mittleren Inspirationslänge ( $I'$ ) der beiden Geschlechter als Boxplot-Diagramm dar.



**Abbildung 12: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Inspirationslänge ( $I'$ ) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich**

Der Variationskoeffizient wurde als Maß für die Variabilität der Daten gewählt. Die Variabilität der Daten der männlichen Neugeborenen war mit 19% etwas größer als die der weiblichen Neugeborenen (14%). Nach Shapiro-Wilk lag eine Normalverteilung der Daten vor (männlich:  $p=0,344$ ; weiblich:  $p=0,345$ ). Der im Anschluss angewandte t-Test zeigte keine signifikanten geschlechterspezifischen Unterschiede der mittleren Inspirationslänge ( $I'$ ) zwischen den Gruppen ( $p=0,630$ ).

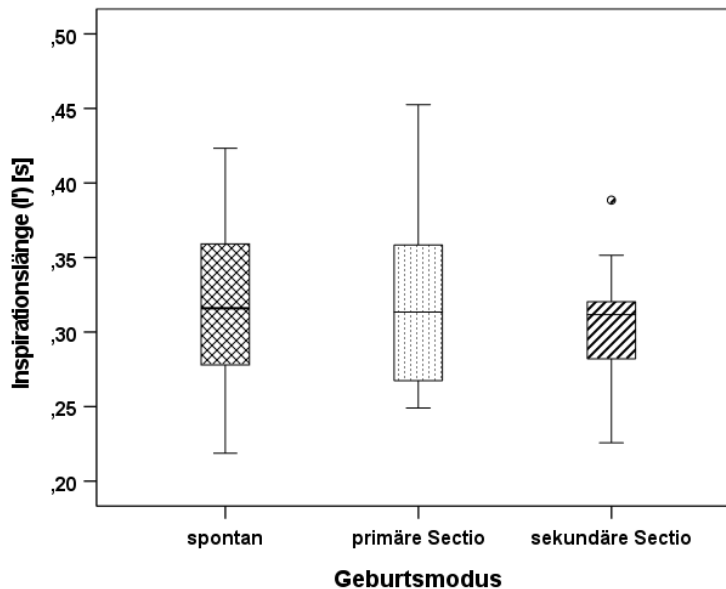
### 3.2.3 Mittlere Inspirationslänge ( $I'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Im Folgenden wurde untersucht, ob der Geburtsmodus Einfluss auf die mittlere Inspirationslänge ( $I'$ ) hat. Von den insgesamt 55 in die Analyse mit einbezogenen Neugeborenen kamen 20 Neugeborene spontan zur Welt, 22 Neugeborene wurden durch eine primäre Sectio und 13 durch eine sekundäre Sectio entbunden. Die deskriptive Statistik wird in Tabelle 13 berichtet.

**Tabelle 13:** Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Inspirationslänge (I')			
	Spontangeburt [N=20]	Primäre Sectio [N=22]	Sekundäre Sectio [N=13]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,320 (±0,059)	0,320 (±0,054)	0,304 (±0,042)
<b>Median [s]</b>	0,316	0,313	0,312
<b>Minimum [s]</b>	0,219	0,249	0,226
<b>Maximum [s]</b>	0,423	0,453	0,389

In Abbildung 13 wird die Verteilung der kindgemittelten Werte der Inspirationslänge (I') im Gruppenvergleich anhand eines Boxplot-Diagrammes visualisiert.



**Abbildung 13:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Inspirationslänge (I') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Der Wert von einem Neugeborenen (SS: AX) liegt außerhalb der Whisker und ist somit ein Ausreißer. Im Diagramm wurde dieser mit einem Kreis markiert. Die Variabilität der Daten wird mithilfe des Variationskoeffizienten beschrieben. Die Variationskoeffizienten der

Gruppen sind ähnlich (VAG: 18%; PS: 17%; SS: 14%). Die Werte der SS-Gruppe liegen im Durchschnitt tiefer.

Die Daten waren nach Shapiro-Wilk alle hinreichend normalverteilt (VAG:  $p=0,656$ ; PS:  $p=0,167$ ; SS:  $p=0,989$ ). Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) zeigte keine signifikanten Unterschiede bezüglich der mittleren Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Geburtsmodus der Neugeborenen ( $p=0,639$ ). Durch den Levene-Test wurde die Homogenität der Varianzen bestätigt [ $F_{(2;52)}=1,237$ ;  $p=0,299$ ].

### 3.2.4 Mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit von der somatischen Reife

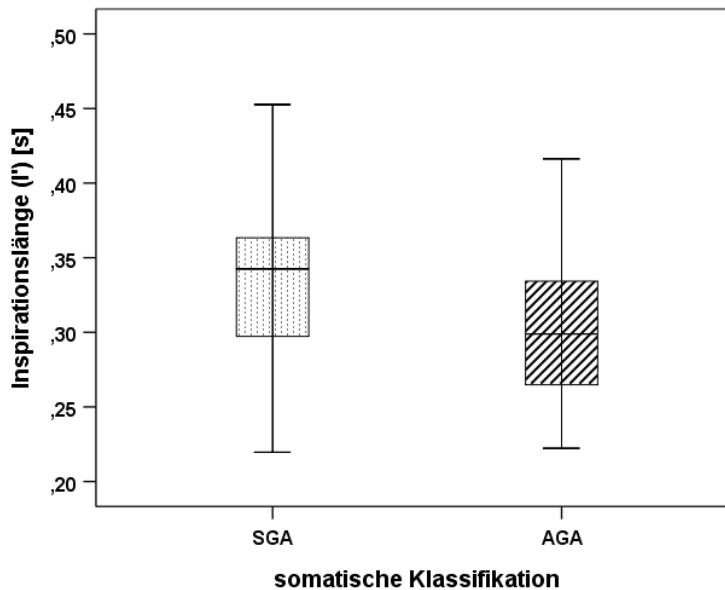
In diesem Kapitel wurde der Einfluss der somatischen Reife auf die mittlere Inspirationslänge (I') der Neugeborenen untersucht. 34 Neugeborene zählten zur AGA-Gruppe, 21 Neugeborene wurden als SGA kategorisiert (siehe auch Kapitel 2.3 zur somatischen Klassifikation).

Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik sind in Tabelle 19 zusammengefasst.

**Tabelle 14:** Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation

Inspirationslänge (I')		
	SGA [N=21]	AGA [N=34]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,339 (±0,058)	0,303 (±0,045)
<b>Median [s]</b>	0,356	0,300
<b>Minimum [s]</b>	0,219	0,226
<b>Maximum [s]</b>	0,453	0,423

Abbildung 21 gibt die Verteilungseigenschaften als Boxplot-Diagramm grafisch wieder.



**Abbildung 14: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit von der somatischen Reife**

*SGA= small-for-gestational-age*

*AGA= appropriate-for-gestational-age*

Die Variationskoeffizienten der Gruppen unterschieden sich nur geringfügig (SGA: 17%; AGA: 15%).

Nach Shapiro-Wilk lag eine hinreichende Normalverteilung der Daten vor (SGA:  $p=0,985$ ; AGA:  $p=0,260$ ). Im angewendeten t-Test ergab sich bezüglich der mittleren Inspirationslänge (I') ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in Abhängigkeit von der somatischen Reife der Neugeborenen ( $p=0,013$ ).

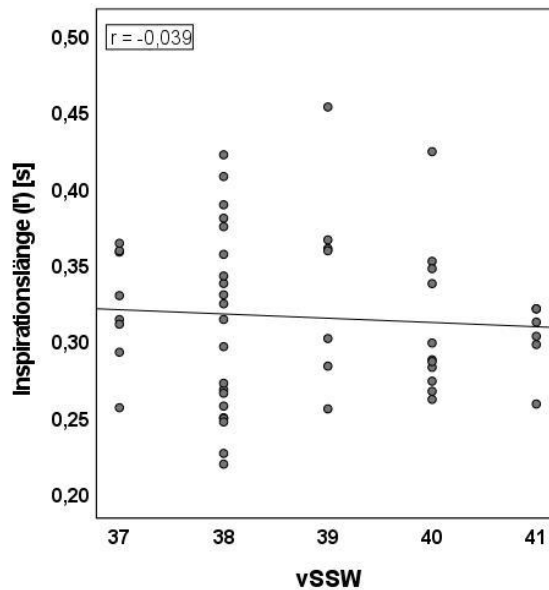
Der signifikante Unterschied zwischen SGA und AGA zeigte einen starken Effekt nach Cohens d (0,715) (Cohen, 1988, 2013).

### 3.2.5 Mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Gestationsalter

Im vorliegenden Kapitel wurden die Ergebnisse der Untersuchung eines möglichen Einflusses des Gestationsalters (vSSW) auf die mittlere Inspirationslänge (I') berichtet.

Zur Darstellung der Ergebnisse wurde ein Streu-Punkt-Diagramm gewählt (Abbildung 22).





**Abbildung 15: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Inspirationslänge (I') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW)**

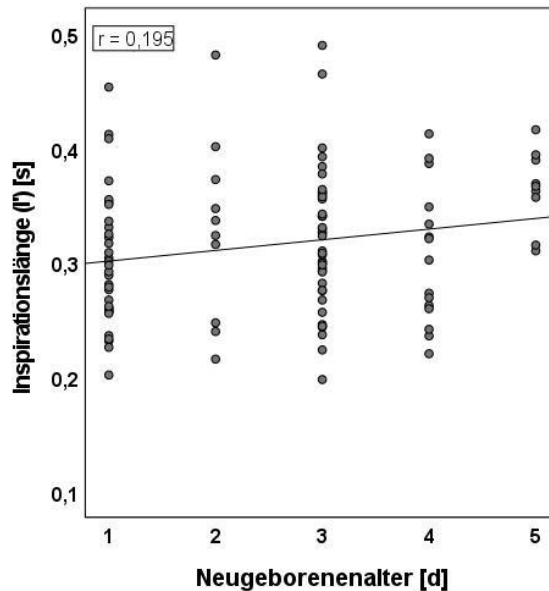
Im Diagramm erkennt man, dass die mittleren Inspirationslänge (I') mit zunehmender vSSW leicht abzufallen scheint. Da nur zwei Neugeborene vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche entbunden wurden, wurden die Werte dieser beiden Neugeborenen nicht in den anschließend durchgeführten Tests berücksichtigt.

Die Daten waren laut Shapiro-Wilk hinreichend normalverteilt. Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) ergab keine signifikanten Unterschiede für die mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit von der vSSW ( $p=0,703$ ). Eine Varianzhomogenität war laut Levene-Test nicht gegeben [ $F_{(4;48)}=2,836$ ;  $p=0,034$ ]. Aus diesem Grund wurde zusätzlich der Welch-Test durchgeführt, der ebenfalls kein signifikantes Ergebnis erbrachte ( $p=0,615$ ). Aus dem Test nach Pearson resultierte für den leicht negativen Zusammenhang keine signifikante Korrelation ( $p=0,634$ ).

### 3.2.6 Mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter

In diesem Kapitel wird analysiert, ob das Neugeborenenalter (in Tagen) zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt einen Einfluss auf die mittlere Inspirationslänge (I') der Neugeborenen hatte.

Abbildung 16 Abbildung 9 veranschaulicht die Analyseergebnisse anhand eines Streu-Punkt-Diagrammes.



**Abbildung 16: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Inspirationslänge (I') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt**

Das Diagramm zeigt, dass mit zunehmendem postnatalem Alter die mittlere Inspirationslänge (I') leicht zuzunehmen scheint.

Laut Shapiro-Wilk lag eine hinreichende Normalverteilung der Daten vor. Der Test nach Pearson zeigt eine signifikante Korrelation ( $p=0,045$ ) mit einem schwachen Effekt ( $r=0,153$ ) zwischen der mittleren Inspirationslänge (I') und dem Probandenalter.

### 3.2.7 Deskriptive Analyse der Inspirationslänge (I') auf Signalebene (Messintervall)

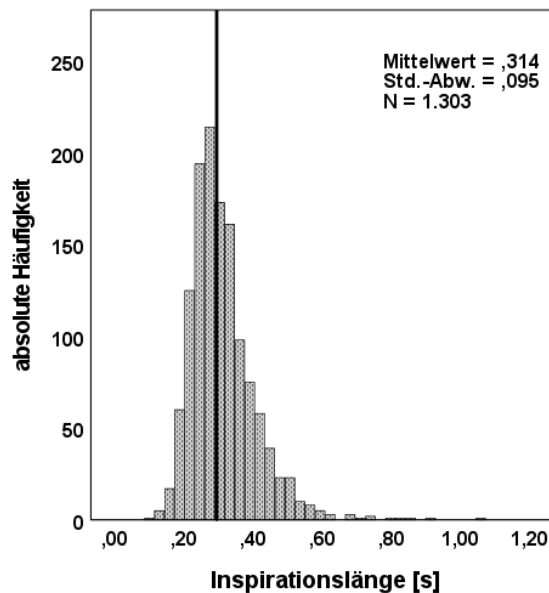
Für die signalbezogene Analyse der Inspirationslänge (I') wurden 1303 Messintervalle für die Untersuchung herangezogen. Eine Übersicht über die Resultate der deskriptiven Statistik bietet Tabelle 15.

**Tabelle 15: Deskriptive Statistik für die Inspirationslänge (I') auf Signalebene (Messintervall) [N=1303]**

<b>Inspirationslänge (I')</b>	
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,314 (±0,095)
<b>Median [s]</b>	0,296
<b>Minimum [s]</b>	0,114
<b>Maximum [s]</b>	0,936

Im Vergleich zu den Daten der Analyse auf Kindebene unterscheiden sich die Werte kaum, lediglich das Maximum der Auswertung aller Messintervalle ohne Mittelung pro Neugeborenes liegt mit 0,923 s höher (siehe 3.2.1 und Tabelle 11).

Das Histogramm (Abbildung 17) stellt die Verteilung der Daten dar. Im Diagramm wurde der Median als vertikale Linie zur x-Achse eingefügt. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,24-0,27 s. Laut Shapiro-Wilk liegt keine Normalverteilung der Daten vor ( $p < 0,05$ ).



**Abbildung 17: Histogramm: Verteilung der Inspirationslänge (I') der Neugeborenen auf Signalebene**

*Vertikale Orientierungslinie = Medianwert  
Bin-Breite: 0,03 s; Modalbin: 0,24-0,27 s*

### 3.3 Analyse der Einzelsignallänge (E)

Das folgende Kapitel dient zur Darstellung der Ergebnisse der Analyse der Dauer der egressiven Vokalisation (Einzelsignallänge) der Messintervalle, also der spontan geäußerten Schreie (siehe Tabelle 4). Es umfasst die deskriptive Analyse der Daten sowie die Prüfung auf mögliche Einflüsse von Geschlecht, Geburtsmodus, somatischer Reife, Gestations- und Neugeborenenalter auf die Dauer der Einzelsignale.

#### 3.3.1 Deskriptive Statistik der mittleren Einzelsignallänge

Die folgenden Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf alle Neugeborenen (Kindebene). Die deskriptive Statistik der mittleren Einzelsignallänge (E) ist in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 16: Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) [N=55]

Einzelsignallänge (E)	
Mittelwert (±SD) [s]	0,805 (±0,237)
Median [s]	0,796
Minimum [s]	0,430
Maximum [s]	1,679

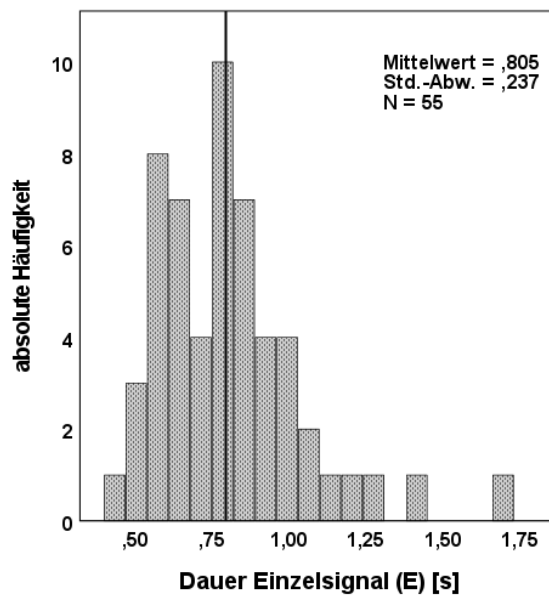
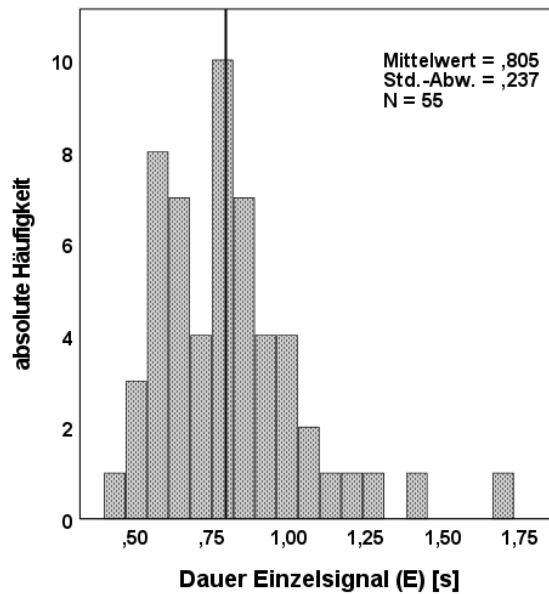


Abbildung 18 stellt die Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge pro Neugeborenes anhand eines Histogramms dar. Die zu erkennende vertikale Bezugslinie dient zur Darstellung des Medianwerts (0,796 s). Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,77-0,84 s. Durch den Test nach Shapiro-Wilk ergab sich keine hinreichende Normalverteilung der Daten ( $p < 0,05$ ).

## ERGEBNISSE



**Abbildung 18: Histogramm: Verteilung der mittleren Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen**

*Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
Bin-Breite:0,07 s; Modalbin:0,77-0,84 s*

### 3.3.2 Mittlere Einzelsignallänge (E) im Geschlechtervergleich

Für die geschlechtsspezifische Analyse wurden Daten von 32 männlichen und 23 weiblichen Neugeborenen analysiert. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

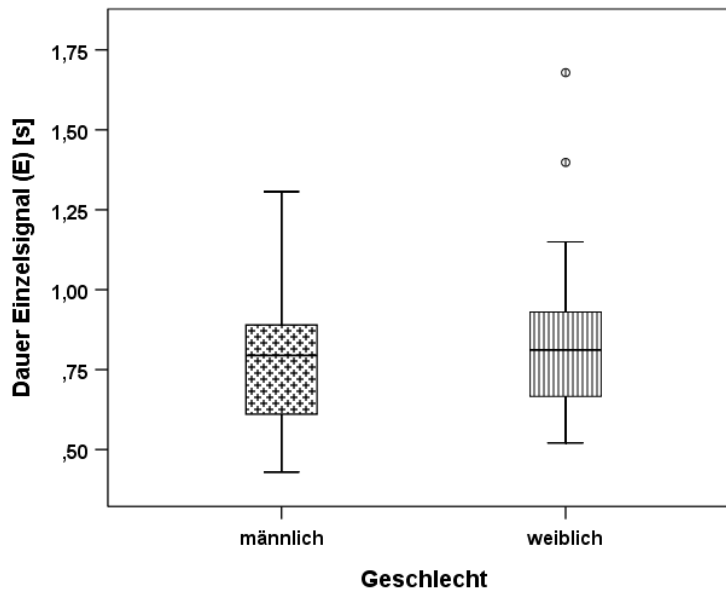
**Tabelle 17: Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Geschlecht**

Einzelsignallänge (E)		
	männlich [N=32]	weiblich [N=23]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,774 (±0,206)	0,848 (±0,273)
<b>Median [s]</b>	0,794	0,811
<b>Minimum [s]</b>	0,430	0,521
<b>Maximum [s]</b>	1,307	1,679

Abbildung 19 veranschaulicht in einem Boxplot-Diagramm die Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge (E) der beiden Geschlechter.

Zwei der weiblichen Neugeborenen hatten sehr hohe Werte, die außerhalb der Whisker lagen (AD, AE). Diese sogenannten Ausreißer wurden im Diagramm mit einem Kreis markiert. Die Variabilität der Daten wurde mithilfe des Variationskoeffizienten ausgedrückt. Für die weiblichen Probanden lag der Variationskoeffizient bei 32%. Bei den männlichen Neugeborenen ergab sich eine relative Streuung von 26%, da keine Ausreißer vorlagen.

Laut Shapiro-Wilk waren die Daten der männlichen Neugeborenen nicht hinreichend normalverteilt (männlich:  $p=0,279$ ; weiblich:  $p<0,005$ ). Der verwendete Mann-Whitney-U-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ( $p=0,394$ ).



**Abbildung 19:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich

### 3.3.3 Mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

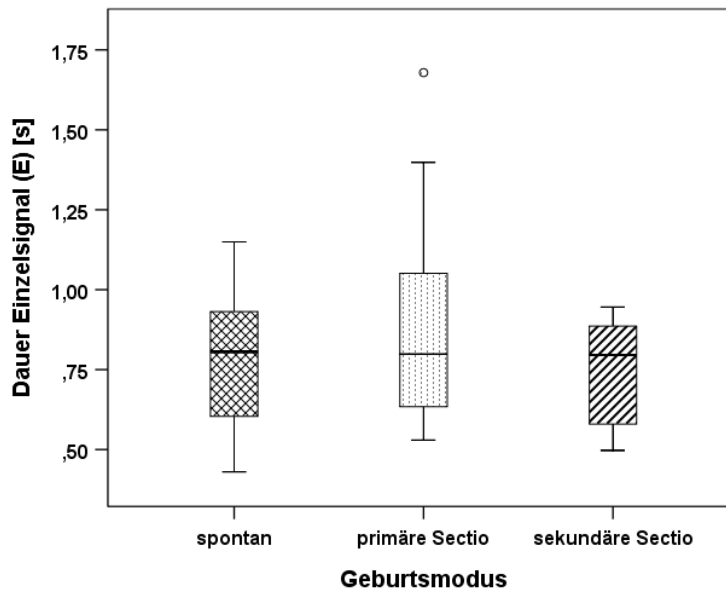
Für die Einzelsignallänge wurde geprüft, ob diese Unterschiede in Bezug auf den Geburtsmodus aufweisen. 55 Probanden wurden in die Analyse mit einbezogen, davon kamen 20 Kinder spontan zur Welt. 22 Neugeborene wurden durch eine primäre Sectio und 13 Neugeborene durch eine sekundäre Sectio entbunden. Die deskriptiven Statistiken der Gruppen sind in Tabelle 18 dargestellt.



**Tabelle 18:** Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Einzelsignallänge (E)			
	Spontangeburt [N=20]	Primäre Sectio [N=22]	Sekundäre Sectio [N=13]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,774 (±0,195)	0,865 (±0,297)	0,749 (±0,163)
<b>Median [s]</b>	0,806	0,798	0,796
<b>Minimum [s]</b>	0,430	0,548	0,498
<b>Maximum [s]</b>	1,149	1,679	0,946

Die Verteilungseigenschaften zur durchgeführten Analyse werden in Abbildung 20 anhand eines Boxplot-Diagrammes veranschaulicht.



**Abbildung 20:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Für die Gruppe der primären Sectiones ergab sich ein deutlich höherer Maximalwert im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen (VAG: 1,15 s; PS: 1,68 s; SS: 0,95 s). Das Maximum für PS zeigt einen Ausreißer (AE). Im Diagramm wurde dieser mit einem Kreis markiert. Die Variationskoeffizienten betragen für die Spontangeburt 25% und 34% für die primären Sectiones. Etwas geringer fiel die relative Streuung mit 21% in der Gruppe der sekundären Sectiones aus.

Laut Shapiro-Wilk-Test lag nur für die PS-Gruppe keine Normalverteilung vor, VAG und SS waren hinreichend normalverteilt (VAG:  $p=0,737$ ; PS:  $p<0,05$ ; SS:  $p=0,086$ ). Durch Anwendung des Tests nach Kruskal-Wallis ergaben sich keine signifikanten Unterschiede der mittleren Einzelsignallänge in Abhängigkeit vom Geburtsmodus ( $p=0,770$ ).

### 3.3.4 Mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der somatischen Reife

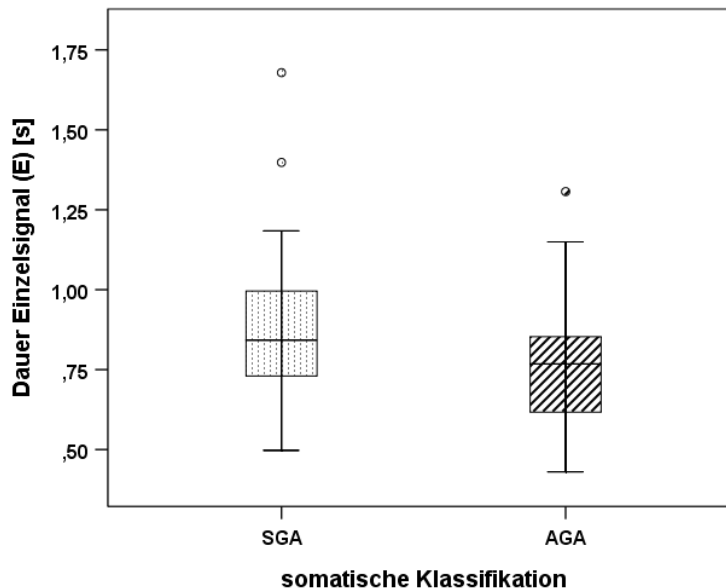
In diesem Kapitel sind die Ergebnisse der Untersuchung des Einflusses der somatischen Reife auf die Dauer der Einzelsignale (E) der Neugeborenen berichtet. Die Mehrheit der untersuchten Neugeborenen zählte zur Gruppe AGA (34). 21 Neugeborene wurden als SGA kategorisiert (siehe auch Kapitel 2.3 zur somatischen Klassifikation).

Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik sind in Tabelle 19 zusammengefasst.

**Tabelle 19: Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation**

Einzelsignallänge (E)		
	SGA [N=21]	AGA [N=34]
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [s]</b>	0,893 ( $\pm$ 0,285)	0,750 ( $\pm$ 0,186)
<b>Median [s]</b>	0,842	0,768
<b>Minimum [s]</b>	0,498	0,430
<b>Maximum [s]</b>	1,679	1,307

Abbildung 21 gibt die Verteilungseigenschaften als Boxplot-Diagramm grafisch wieder.



**Abbildung 21: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der somatischen Reife**

*SGA= small-for-gestational-age*

*AGA= appropriate-for-gestational-age*

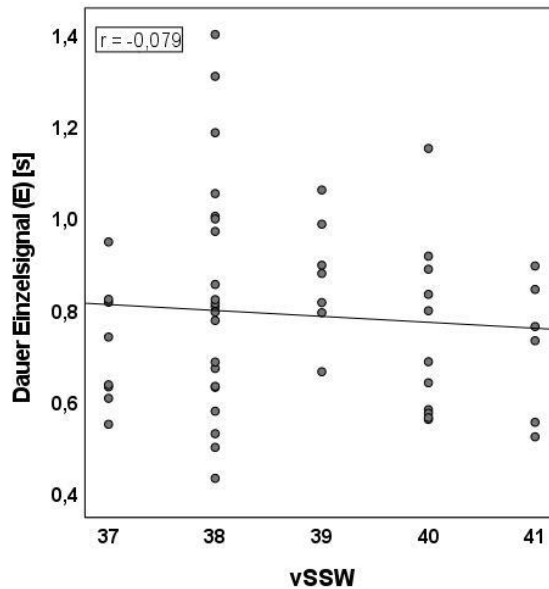
Die Werte von drei Neugeborenen (AD, AE, AM) liegen außerhalb der Whisker und sind somit Ausreißer. Im Diagramm wurden diese mit einem Kreis markiert. Die Variationskoeffizienten der Gruppen unterschieden sich nur geringfügig (SGA: 28%; AGA: 31%).

Nach Shapiro-Wilk waren die Daten hinreichend normalverteilt (SGA:  $p=0,114$ ; AGA:  $p=0,054$ ). Aus dem angewendeten t-Test resultierte ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der mittleren Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der somatischen Reife der Neugeborenen ( $p=0,028$ ). Der Unterschied zwischen SGA und AGA zeigte einen mittleren bis großen Effekt nach Cohens  $d$  (0,626) (Cohen, 1988, 2013).

### 3.3.5 Mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Gestationsalter

Im vorliegenden Kapitel wurde ein möglicher Einfluss des Gestationsalters ( $vSSW$ ) auf die mittlere Einzelsignallänge (E) untersucht.

Zur visuellen Darstellung der Ergebnisse wurde ein Streu-Punkt-Diagramm gewählt (Abbildung 22).



**Abbildung 22: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW)**

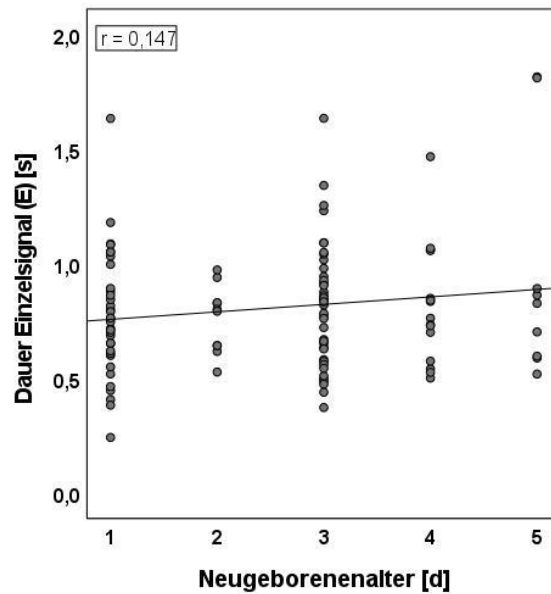
Im Diagramm erkennt man mit zunehmender vSSW kaum Veränderungen in der mittleren Einzelsignallänge (E). Da nur zwei Neugeborene vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche entbunden wurden, wurden diese Werte nicht in den anschließend durchgeführten Tests berücksichtigt.

Die Daten waren laut Shapiro-Wilk hinreichend normalverteilt. Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) ergab keine signifikanten Unterschiede für die mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der 37.-41. vSSW ( $p=0,411$ ). Die Homogenität der Varianzen bestätigte der Levene-Test [ $F_{(4;48)}=1,636$ ;  $p=0,180$ ]. Aus dem Test nach Pearson resultierte keine signifikante Korrelation ( $p=0,573$ ).

### 3.3.6 Mittlere Einzelsignallänge in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter

In diesem Kapitel wird berichtet, ob das Neugeborenenalter (in Tagen) zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt einen Einfluss auf die mittlere Einzelsignallänge (E) hatte.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in Abbildung 23 in Form eines Streu-Punkt-Diagrammes visualisiert.



**Abbildung 23: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter zum Aufnahmezeitpunkt**

Im Diagramm erkennt man keinen Einfluss des postnatalen Alters auf die mittlere Einzelsignallänge (E). Die Daten waren nach Shapiro-Wilk nicht hinreichend normalverteilt. Aus dem Test nach Spearman resultierte keine signifikante Korrelation ( $p = 0,413$ ).

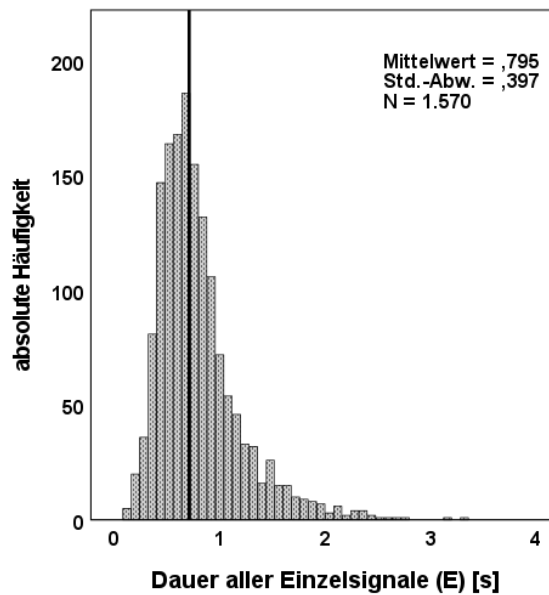
### **3.3.7 Deskriptive Analyse der Einzelsignallänge (E) auf Signalebene (Messintervall)**

1570 Einzelsignale wurden für die signalbezogene Analyse der Einzelsignallänge (E) herangezogen. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik werden in Tabelle 20 berichtet.

**Tabelle 20: Deskriptive Statistik der Einzelsignallänge (E) auf Signalebene [N=1570]**

Einzelsignallänge (E)	
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,790 (±0,388)
<b>Median [s]</b>	0,707
<b>Minimum [s]</b>	0,111
<b>Maximum [s]</b>	2,733

Im Vergleich zu den Daten der Analyse auf Kindebene unterscheiden sich Mittelwert und Median kaum, lediglich das Maximum der Auswertung auf Signalebene liegt mit 2,733 s weitaus höher (siehe 3.3.1 und Tabelle 16).



**Abbildung 24: Verteilung der Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen auf Signalebene**  
 Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
 Bin-Breite: 0,08 s; Modalbin: 0,64-0,72 s

Das Histogramm (Abbildung 24) visualisiert die Verteilung der Daten. Im Diagramm wurde der Median als vertikale Linie zur x-Achse eingefügt. Die dargestellte häufigste Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,64-0,72 s.

### 3.4 Analyse der Expirationslänge (E')

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Expirationslänge (E') dargestellt (siehe Tabelle 4). Es werden neben allgemeinen deskriptiven Statistiken auch spezifische Vergleiche bezüglich Geschlecht, Geburtsmodus, somatischer Reife, Gestations- und Neugeborenenalter berichtet.

#### 3.4.1 Deskriptive Statistik der mittleren Expirationslänge (E')

Da für ein Neugeborenes keine Werte der Kategorie 1 für die Expirationslänge vorlagen, beziehen sich die Ergebnisse auf die zuvor gemittelten Werte pro Neugeborenes von 54 Probanden und Probandinnen des untersuchten Neugeborenenkollektivs. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik der mittleren Expirationslänge (E') werden in Tabelle 21 zusammengefasst.

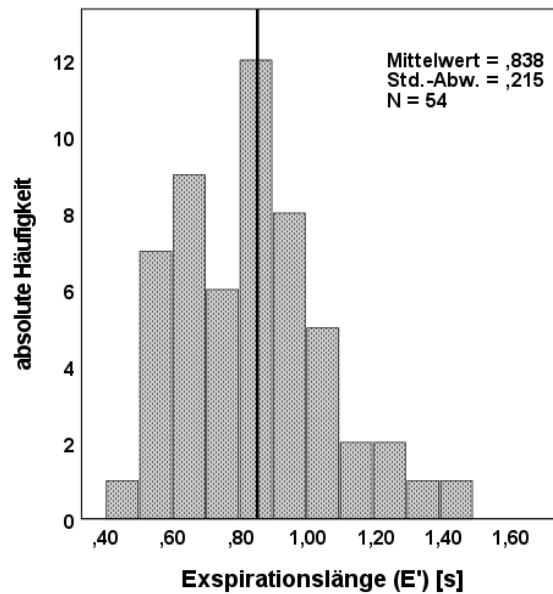
**Tabelle 21:** Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge (E') [N=54]

Expirationslänge (E')	
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,838 (±0,215)
<b>Median [s]</b>	0,843
<b>Minimum [s]</b>	0,456
<b>Maximum [s]</b>	1,435

Abbildung 25 stellt die Verteilung der Werte als Histogramm dar.

Der Medianwert ist als vertikale Orientierungslinie im Histogramm zu erkennen. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,792 bis 0,891 s. Nach Shapiro-Wilk lag eine hinreichende Normalverteilung der Daten vor ( $p=0,084$ ).

## ERGEBNISSE



**Abbildung 25:** Verteilung der mittleren Expirationslänge (E') der Neugeborenen  
*Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
 Bin-Breite: 0,099 s; Modalbin: 0,792-0,891 s*

### 3.4.2 Mittlere Expirationslänge (E') im Geschlechtervergleich

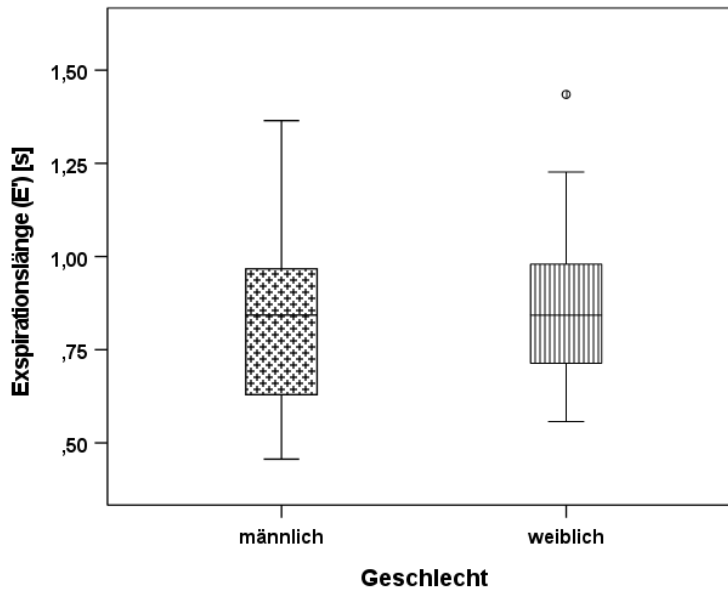
In diesem Kapitel wurde die mittlere Expirationslänge (E') auf das Vorliegen von geschlechtsspezifischen Unterschieden überprüft. Die zugehörige deskriptive Statistik ist in Tabelle 22 zusammengefasst.

**Tabelle 22:** Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit vom Geschlecht

Expirationslänge (E')		
	männlich [N=32]	weiblich [N=22]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,820 (±0,211)	0,865 (±0,222)
<b>Median [s]</b>	0,843	0,843
<b>Minimum [s]</b>	0,456	0,557
<b>Maximum [s]</b>	1,365	1,435



Abbildung 26 stellt die Verteilungseigenschaften der mittleren Expirationslänge ( $E'$ ) der beiden Geschlechter in Form eines Boxplot-Diagrammes dar.



**Abbildung 26: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Expirationslänge ( $E'$ ) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich**

Der Wert eines Neugeborenen (AD) liegt außerhalb der Whisker und ist somit ein Ausreißer. Im Diagramm wurde dieser mit einem Kreis gekennzeichnet. Die Variabilität der Daten wird anhand der Variationskoeffizienten verdeutlicht. Die Variationskoeffizienten der männlichen und weiblichen Neugeborenen waren identisch (männlich: 26%; weiblich: 26%).

Im Shapiro-Wilk-Test ergab sich eine hinreichende Normalverteilung für alle Daten (männlich:  $p=0,319$ ; weiblich:  $p=0,297$ ). Im t-Test zeigten sich keine signifikanten geschlechterspezifischen Unterschiede der mittleren Expirationslänge ( $E'$ ) ( $p=0,452$ ).

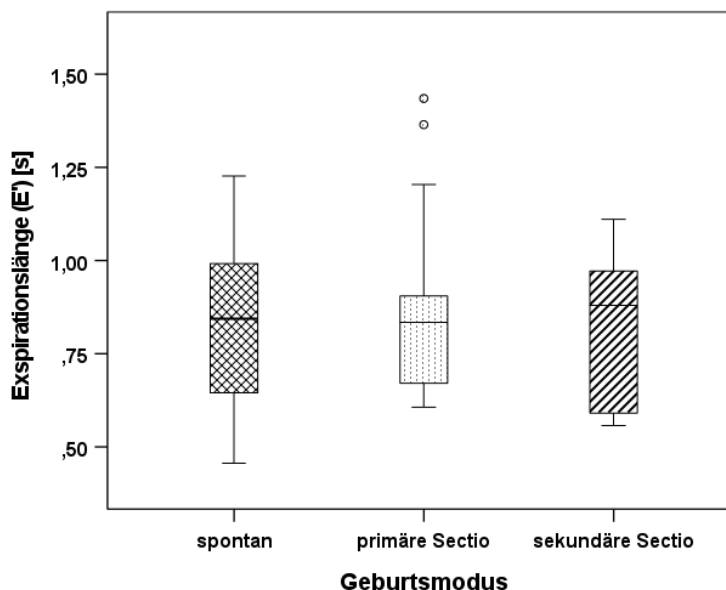
### 3.4.3 Mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

In diesem Kapitel wurde ein möglicher Einfluss des Geburtsmodus auf die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) untersucht. 20 Neugeborene kamen spontan zur Welt, 20 Neugeborene wurden durch eine primäre Sectio und 13 durch eine sekundäre Sectio entbunden. Die deskriptive Statistik wird in Tabelle 23 zusammengefasst.

**Tabelle 23:** Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Expirationslänge (E')			
	Spontangeburt [N=20]	Primäre Sectio [N=21]	Sekundäre Sectio [N=13]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	0,819 (±0,205)	0,872 (±0,242)	0,814 (±0,191)
<b>Median [s]</b>	0,844	0,834	0,880
<b>Minimum [s]</b>	0,456	0,606	0,557
<b>Maximum [s]</b>	1,227	1,435	1,111

In Abbildung 27 werden die Verteilungseigenschaften der Expirationslänge (E') im Gruppenvergleich in Form eines Boxplot-Diagrammes dargestellt.



**Abbildung 27:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Expirationslänge (E') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Die Werte von zwei Neugeborenen der PS-Gruppe (AD, AM) liegen außerhalb der Whisker und sind somit Ausreißer. Im Diagramm wurden diese mit einem Kreis markiert. Der Variationskoeffizient als Maß für die relative Streuung der Daten der VAG-(28%) und PS-

Gruppe (26%) war nahezu identisch. Für die SS-Gruppe betrug der Variationskoeffizient 23%.

Im Shapiro-Wilk-Test ergab sich für PS keine hinreichende Normalverteilung (VAG:  $p=0,823$ ; PS:  $p=0,014$ ; SS:  $p=0,103$ ). Der verwendete Kruskal-Wallis-Test zeigte keine signifikanten Unterschiede bezüglich der mittleren Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus der Neugeborenen ( $p=0,870$ ).

### 3.4.4 Mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Reife

Im Folgenden wurde untersucht, ob ein Einfluss der somatischen Reife auf die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) der Neugeborenen besteht. 34 Neugeborene zählten zur AGA-Gruppe, 20 Neugeborene wurden als SGA kategorisiert (siehe auch Kapitel 2.3 zur somatischen Klassifikation).

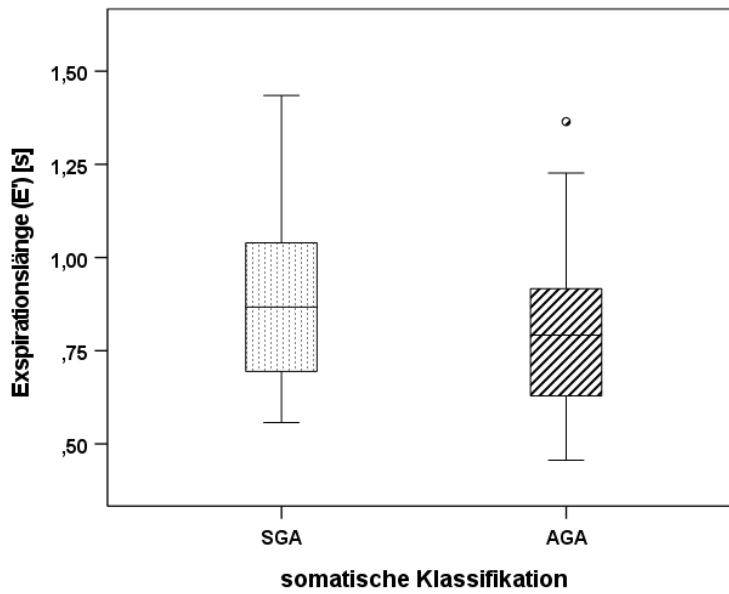
Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik werden in Tabelle 24 aufgezeigt.

**Tabelle 24:** Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation

Expirationslänge ( $E'$ )		
	SGA [N=20]	AGA [N=34]
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [s]</b>	0,897 ( $\pm 0,225$ )	0,803 ( $\pm 0,204$ )
<b>Median [s]</b>	0,867	0,792
<b>Minimum [s]</b>	0,557	0,456
<b>Maximum [s]</b>	1,435	1,365

Abbildung 28 stellt die Verteilungseigenschaften in Form eines Boxplot-Diagrammes dar.

## ERGEBNISSE



**Abbildung 28:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Expirationslänge (E') in Abhängigkeit von der somatischen Reife

SGA= *small-for-gestational-age*

AGA= *appropriate-for-gestational-age*

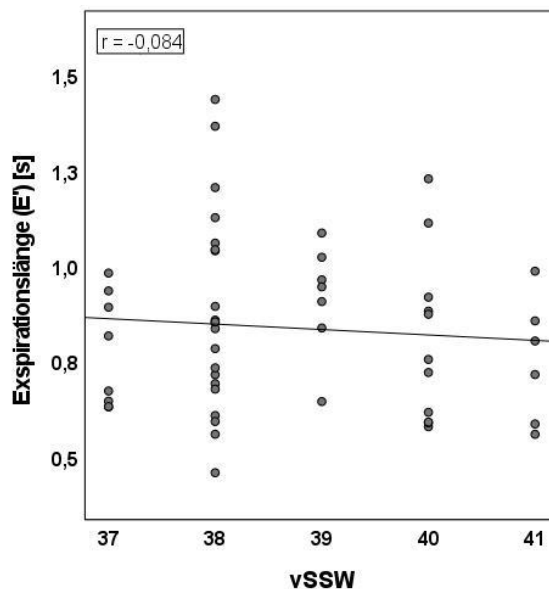
Der Wert von einem Neugeborenen der AGA-Gruppe (AM) liegt außerhalb der Whisker und gilt somit als Ausreißer. Im Diagramm wurde dieser mit einem Kreis markiert. Die Variationskoeffizienten der Gruppen waren identisch (SGA: 25%; AGA: 25%).

Nach Shapiro-Wilk lag eine hinreichende Normalverteilung der Daten vor (SGA:  $p=0,691$ ; AGA:  $p=0,172$ ). Im Anschluss wurde der t-Test angewendet. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied der mittleren Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Reife der Neugeborenen ( $p=0,121$ ).

### 3.4.5 Mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit vom Gestationsalter (vSSW)

Im folgenden Kapitel wurde überprüft, ob ein Einfluss des Gestationsalters (vSSW) auf die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) besteht.

Die Ergebnisse wurden in Form eines Streu-Punkt-Diagrammes in Abbildung 29 dargestellt.



**Abbildung 29: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW)**

Im Diagramm erkennt man, dass die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) mit zunehmender vSSW leicht abzufallen scheint. Da nur zwei Neugeborene vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche entbunden wurden, wurden diese Werte nicht in den anschließend durchgeführten Tests berücksichtigt.

Die Daten waren laut Shapiro-Wilk hinreichend normalverteilt. Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) ergab keine signifikante Unterschiede für die mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit von der 37.-41. vSSW ( $p= 0,505$ ). Eine Varianzhomogenität war laut Levene-Test gegeben [ $F_{(4;48)}= 1,386$ ;  $p=0,253$ ]. Der Test nach Pearson ergab keine signifikante Korrelation ( $p= 0,551$ ).

### 3.4.6 Mittlere Expirationslänge (E') in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter

In diesem Kapitel wird analysiert, ob das Neugeborenenalter (in Tagen) zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt einen Einfluss auf die mittlere Expirationslänge (E') der Neugeborenen hatte.

Abbildung 30 veranschaulicht die Analyseergebnisse anhand eines Streu-Punkt-Diagrammes.

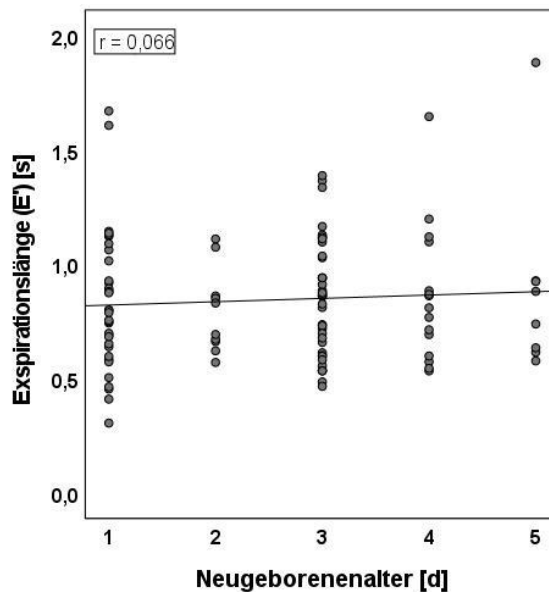


Abbildung 30: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Expirationslänge (E') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt

Das Diagramm zeigt, dass mit zunehmendem postnatalem Alter die mittlere Expirationslänge (E') sehr ähnlich ist.

Laut Shapiro-Wilk lag keine hinreichende Normalverteilung der Daten vor. Der Test nach Spearman zeigt keine signifikante Korrelation zwischen der mittleren Expirationslänge (E') und dem Neugeborenenalter ( $p=0,710$ ).

### 3.4.7 Deskriptive Analyse der Expirationslänge (E') auf Signalebene (Messintervall)

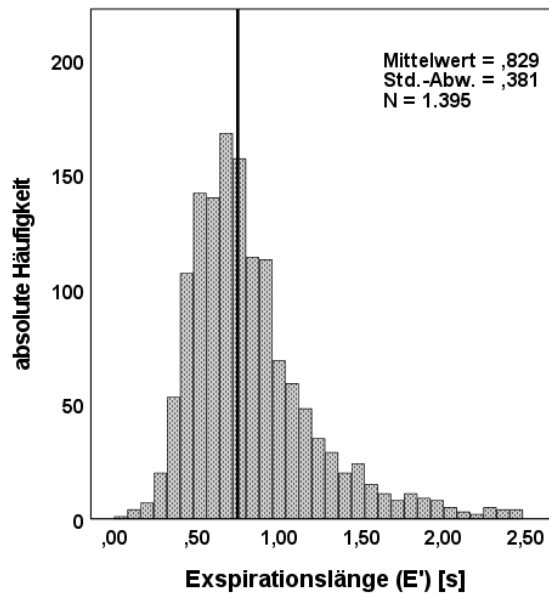
Für die signalbezogene Analyse der Expirationslänge (E') wurden 1395 Messintervalle für die Untersuchung herangezogen. Eine Übersicht über die Resultate der deskriptiven Statistik bietet Tabelle 25.

**Tabelle 25: Deskriptive Statistik der Expirationslänge (E') auf Signalebene (Messintervall) [N=1395]**

Expirationslänge (E')	
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [s]</b>	0,829 ( $\pm 0,381$ )
<b>Median [s]</b>	0,749
<b>Minimum [s]</b>	0,041
<b>Maximum [s]</b>	2,441

Im Vergleich zu den Daten der Analyse auf Kindebene unterscheiden sich die Werte kaum, lediglich das Maximum der Auswertung aller Messintervalle ohne Mittelung pro Neugeborenes liegt mit 2,441 s höher (siehe 3.4.1 und Tabelle 21).

Das Histogramm (Abbildung 31) stellt die Verteilung der Daten dar. Im Diagramm wurde der Median als vertikale Linie zur x-Achse eingefügt. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,64 bis 0,72 s. Laut Shapiro-Wilk liegt keine Normalverteilung der Daten vor ( $p<0,05$ ).



**Abbildung 31: Histogramm: Verteilung der Expirationslänge (E') der Neugeborenen auf Signalebene**

*Vertikale Orientierungslinie = Medianwert  
Bin-Breite: 0,08 s; Modalbin: 0,64-0,72 s*

### 3.5 Analyse der Dauer der Messintervalle (L<sub>ges</sub>)

Nachdem zuvor die Inspirationslänge (I') und Expirationslänge (E') separat analysiert wurden, wird im folgenden Kapitel die Dauer des gesamten Messintervalls (L<sub>ges</sub>) untersucht. Die analysierten Daten wurden in Form von allgemeinen deskriptiven Statistiken berichtet. Zusätzlich erfolgten spezifische Vergleiche bezüglich Geschlecht, Geburtsmodus, somatischer Reife, Gestations- und Neugeborenenalter.

#### 3.5.1.1 Deskriptive Statistik der mittleren Dauer der Messintervalle (L<sub>ges</sub>)

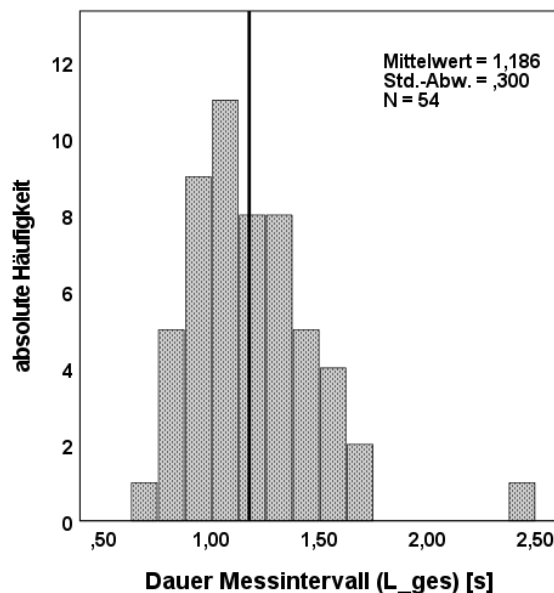
Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik der mittleren Dauer der Messintervalle (L<sub>ges</sub>) werden in Tabelle 26 dargestellt.



**Tabelle 26:** Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) [N=54]

Dauer der Messintervalle (L_ges)	
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	1,186 (±0,300)
<b>Median [s]</b>	1,156
<b>Minimum [s]</b>	0,706
<b>Maximum [s]</b>	1,739

Da für ein Neugeborenes keine Werte der Kategorie 1 für das gesamte Messintervall vorlagen, beziehen sich die Ergebnisse auf 54 Neugeborene des untersuchten Kollektivs. Die Verteilung aller Kindmittel wird in Abbildung 32 in Form eines Histogramms veranschaulicht. Der Medianwert ist als vertikale Orientierungslinie in der Abbildung zu erkennen. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 1,04-1,17 s. Der Test nach Shapiro-Wilk ergab keine hinreichende Normalverteilung der Daten ( $p < 0,05$ ).



**Abbildung 32:** Histogramm: Verteilung der mittleren Dauer der Messintervalle (L\_ges) der Neugeborenen

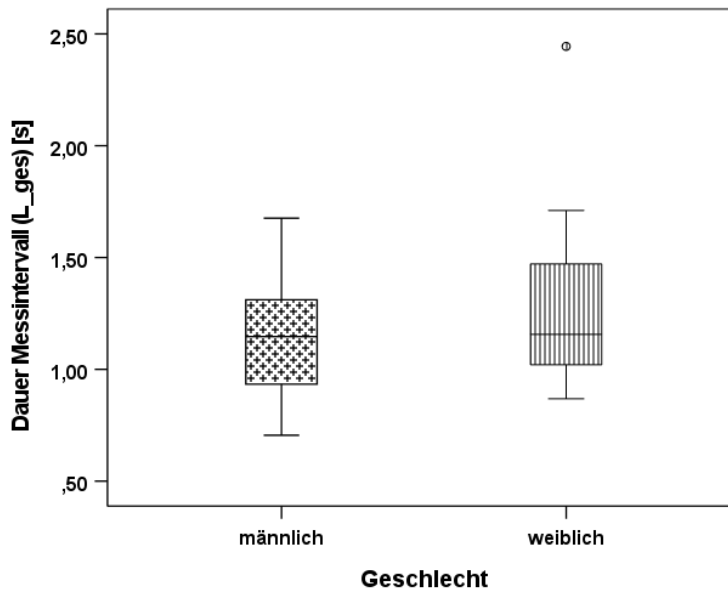
Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
Bin-Breite: 0,13; Modalbin: 1,04-1,17 s

### 3.5.2 Mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) im Geschlechtervergleich

Die Dauer der Messintervalle (L\_ges) wurde in diesem Kapitel auf das Vorliegen von möglichen geschlechtsspezifischen Unterschieden untersucht. Tabelle 27 zeigt die deskriptive Statistik und Abbildung 33 die Verteilungseigenschaften der 32 männlichen und 21 weiblichen Neugeborenen in Form eines Boxplot-Diagrammes.

**Tabelle 27:** Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) in Abhängigkeit vom Geschlecht

Dauer der Messintervalle (L_ges)		
	männlich [N=32]	weiblich [N=22]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	1,142 (±0,250)	1,249 (±0,244)
<b>Median [s]</b>	1,147	1,156
<b>Minimum [s]</b>	0,706	0,869
<b>Maximum [s]</b>	1,676	2,444



**Abbildung 33: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der Messintervalle (L\_ges) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich**

Der Wert eines Neugeborenen der PS-Gruppe (AE) liegen außerhalb der Whisker und ist somit ein Ausreißer. Der Variationskoeffizient als Maß für die Variabilität der Daten beträgt 22% für die männlichen und 20% für die weiblichen Neugeborenen.

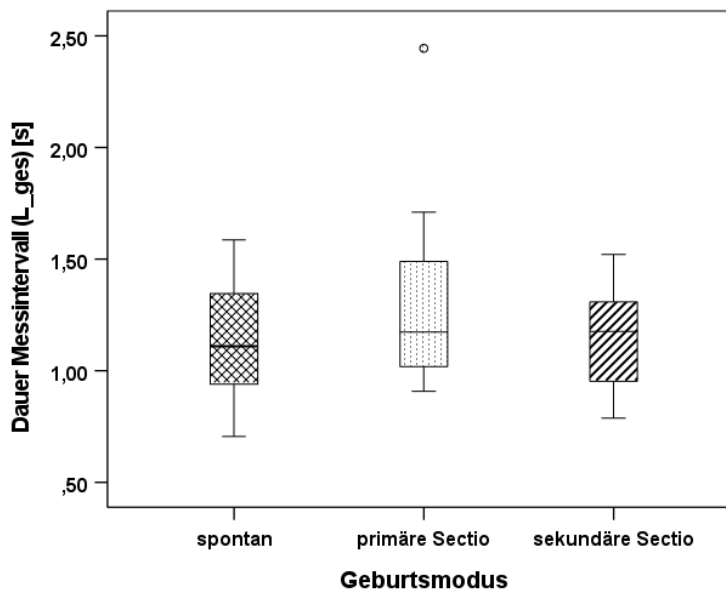
Laut Shapiro-Wilk lag keine hinreichende Normalverteilung der Daten vor (männlich:  $p=0,611$ ; weiblich:  $p<0,05$ ). Der im Anschluss verwendete Mann-Whitney-U-Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern hinsichtlich der mittleren Dauer der Messintervalle (L\_ges) ( $p=0,418$ ).

### 3.5.3 Mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Das folgende Kapitel wurde ein möglicher Einfluss des Geburtsmodus auf die mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) untersucht. Von den 54 untersuchten Neugeborenen wurden 20 spontan, 21 durch eine primäre Sectio und 13 durch eine sekundäre Sectio entbunden. In Tabelle 28 werden die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zusammengefasst. Abbildung 34 zeigt grafisch die Verteilungseigenschaften der Kindmittel im Gruppenvergleich.

**Tabelle 28:** Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Dauer der Messintervalle (L_ges)			
	Spontangeburt [N=20]	Primäre Sectio [N=21]	Sekundäre Sectio [N=13]
<b>Mittelwert (±SD) [s]</b>	1,143 (±0,251)	1,252 (±0,377)	1,143 (±0,220)
<b>Median [s]</b>	1,110	1,174	1,176
<b>Minimum [s]</b>	0,706	0,908	0,788
<b>Maximum [s]</b>	1,587	2,444	1,521



**Abbildung 34:** Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der Messintervalle (L\_ges) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Der Wert eines Neugeborenen der PS-Gruppe (AE) liegen außerhalb der Whisker und ist somit ein Ausreißer. Die Variationskoeffizienten von VAG und PS sind identisch (22%), auch SS zeigt mit 19% eine ähnliche Variabilität.

Im Shapiro-Wilk-Test ergab sich nur für zwei der drei Gruppen eine Normalverteilung. Die Daten der PS-Gruppe waren nicht hinreichend normalverteilt (VAG:  $p=0,727$ ; PS:  $p<0,05$ ; SS:  $p=0,673$ ). Im Anschluss wurde der Kruskal-Wallis-Test angewendet. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der mittleren Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus ( $p=0,800$ ).

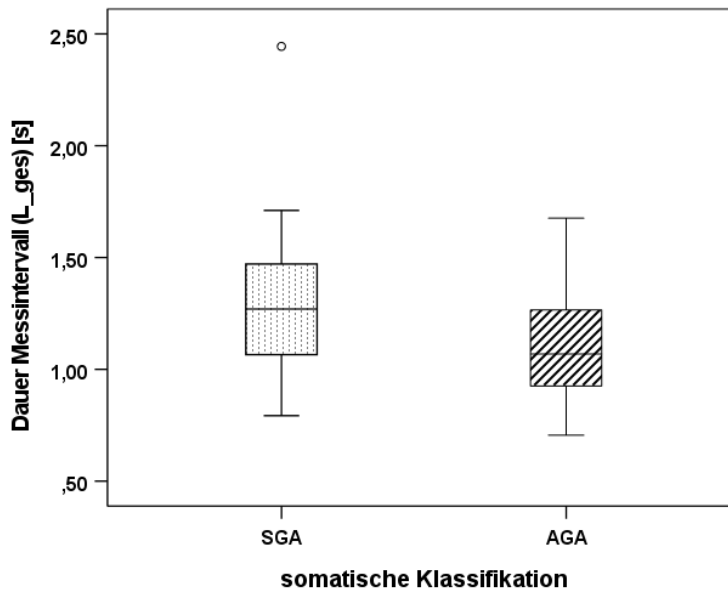
### 3.5.4 Mittlere Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Reife

Die Kategorisierung der Neugeborenen nach der somatischen Reife anhand des gestationsaltersabhängigen Geburtsgewichts wird in Kapitel 2.3 beschrieben. Für die Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) entsprachen 21 Neugeborene der SGA-Kategorisierung und 33 Neugeborene der AGA-Kategorisierung.

Tabelle 29 fasst die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zusammen, Abbildung 35 veranschaulicht die Verteilungseigenschaften der drei Gruppen anhand eines Boxplot-Diagrammes.

**Tabelle 29:** Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation

Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ )		
	SGA [N=21]	AGA [N=33]
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [s]</b>	1,305 ( $\pm 0,356$ )	1,110 ( $\pm 0,234$ )
<b>Median [s]</b>	1,270	1,069
<b>Minimum [s]</b>	0,793	0,706
<b>Maximum [s]</b>	2,444	1,676



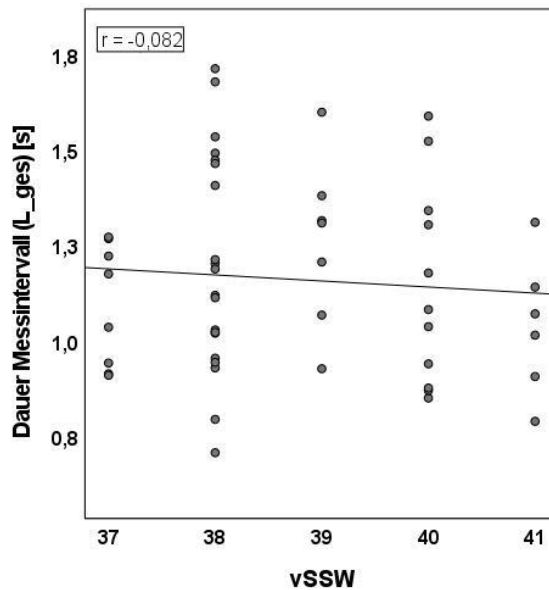
**Abbildung 35: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der Messintervalle (L\_ges) der Neugeborenen in Abhängigkeit von der somatischen Reife**  
 SGA= *small-for-gestational-age*  
 AGA= *appropriate-for-gestational-age*

Die Variationskoeffizienten von SGA und AGA als Maß für die Variabilität der Daten sind nahezu identisch (SGA: 20%; AGA: 21%).

Nachdem der Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk negativ ausfiel (SGA:  $p < 0,05$ ; AGA:  $p = 0,234$ ) fand der Mann-Whitney-U-Test Anwendung. Daraus resultierte bezüglich der Dauer der Messintervalle (L\_ges) ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ( $p = 0,027$ ). Der Unterschied zwischen SGA und AGA zeigte einen mittleren bis starken Effekt nach Cohens  $d$  (0,647) (Cohen, 1988, 2013).

### 3.5.5 Mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) in Abhängigkeit vom Gestationsalter

Ob ein möglicher Einfluss des Gestationsalters, der vollendeten Schwangerschaftswoche (vSSW) zur Geburt, auf die mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) besteht wird im folgenden Kapitel untersucht. In Abbildung 36 sind die Analyseergebnisse in Form eines Streu-Punkt-Diagramms visualisiert.



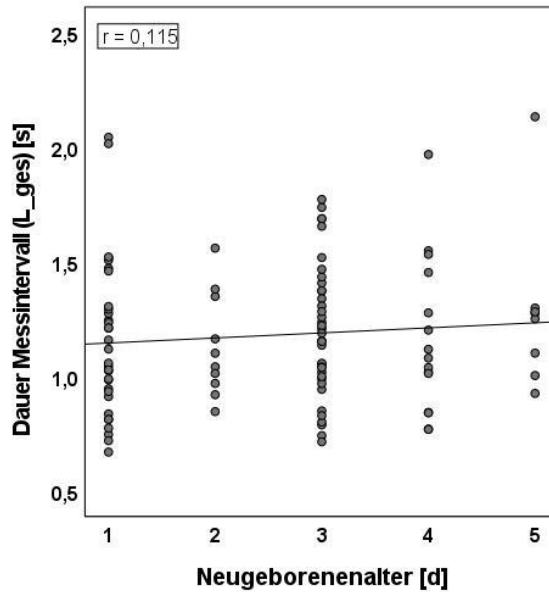
**Abbildung 36: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW)**

Im Diagramm erkennt man einen scheinbaren geringen Abfall der mittleren Dauer der Messintervalle (L\_ges) mit zunehmender vollendeter SSW. Da nur ein Neugeborenes vor der 37. Vollendeten Schwangerschaftswoche geboren wurde, wurde dieser Wert in den im Anschluss durchgeführten Tests nicht berücksichtigt.

Nach Shapiro-Wilk ergab sich eine hinreichende Normalverteilung der Daten. Im Test nach Pearson wurde der Zusammenhang zwischen der mittleren Dauer der Messintervalle (L\_ges) und dem Gestationsalter zur Geburt (vSSW) nicht signifikant ( $p= 0,564$ ). Die einfaktorielle Varianzanalyse brachte ebenfalls kein signifikantes Ergebnis ( $p=0,465$ ). Nach Levene war die Homogenität der Varianzen gewährleistet [ $F_{(4;47)}= 1,398$ ;  $p=0,249$ ].

### 3.5.6 Mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter

In diesem Kapitel wird analysiert, ob ein Einfluss des Neugeborenenalters (in Tagen) zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt auf die mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) besteht. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden in Abbildung 37 in Form eines Streu-Punkte-Diagrammes dargestellt.



**Abbildung 37: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt**

Im Diagramm erkennt man keinen Einfluss des postnatalen Alters auf die mittlere Dauer der Messintervalle (L\_ges). Im Shapiro-Wilk-Test ergab sich keine hinreichende Normalverteilung der Daten. Der Korrelationstest nach Spearman ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Größen ( $p=0,246$ ).

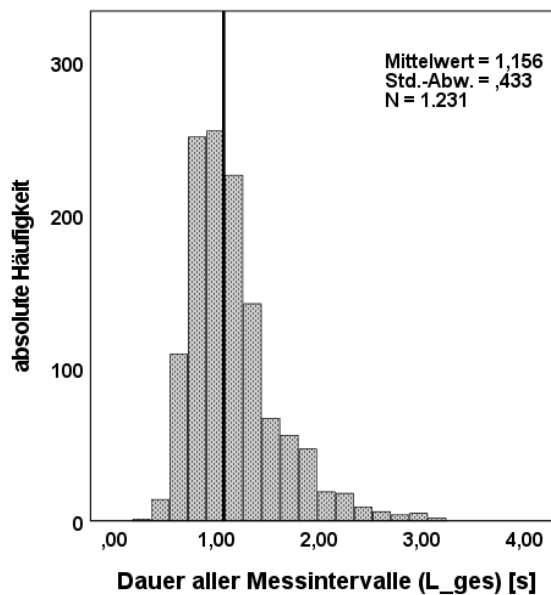
### **3.5.7 Deskriptive Analyse der Dauer der Messintervalle (L\_ges) auf Signalebene (Messintervall)**

Für die signalbezogene Analyse wurden 1231 Messintervalle (L\_ges) herangezogen. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik werden in Tabelle 30 berichtet. Abbildung 38 gibt die Verteilung der Daten in Form eines Histogramms wieder.



**Tabelle 30:** Deskriptive Statistik der Dauer der Messintervalle (L\_ges) auf Signalebene [N=1231]

Dauer der Messintervalle (L_ges)	
Mittelwert (±SD) [s]	1,156 (±0,433)
Median [s]	1,069
Minimum [s]	0,335
Maximum [s]	2,807



**Abbildung 38:** Histogramm: Verteilung der Dauer der Messintervalle (L\_ges) der Neugeborenen auf Signalebene  
Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
Bin-Breite: 0,18 s; Modalbin: 0,9-1,08 s

Im Test nach Shapiro-Wilk ergab sich keine Normalverteilung der Daten ( $p < 0,05$ ). Im Vergleich zu den Daten der Analyse auf Kindebene unterscheiden sich Mittelwert und Median kaum. Der Maximalwert der Auswertung auf Signalebene liegt deutlich höher (siehe 3.5.1.1 und Tabelle 26).

### 3.6 Analyse des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E')

Die zuvor separat analysierten Teilintervalle Inspirationslänge (I') und Expirationslänge (E') wurden im folgenden Kapitel im Verhältnis zueinander untersucht. Neben allgemeinen deskriptiven Statistiken wurden zusätzlich spezifische Vergleiche bezüglich Geschlecht, Geburtsmodus, somatischer Reife, Gestations- und Neugeborenenalter durchgeführt.

#### 3.6.1 Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E')

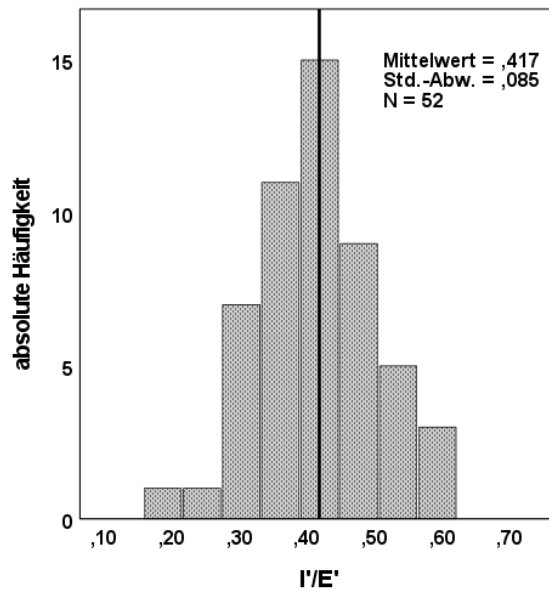
In Tabelle 31 sind die Ergebnisse der deskriptiven Statistik des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') dargestellt.

**Tabelle 31: Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') [N=52]**

Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E')	
<b>Mittelwert (±SD)</b>	0,417 (±0,085)
<b>Median</b>	0,410
<b>Minimum</b>	0,171
<b>Maximum</b>	0,602

Nur für 54 Neugeborene lagen Messintervalle der Kategorie 1 vor. Zwei Neugeborene hatten sehr hohe Werte für das Verhältnis I'/E' (AC, AX). Sie wurden deshalb nicht in die Analysen mit einbezogen. Die Ergebnisse beziehen sich auf 52 Neugeborene des untersuchten Kollektivs. Die Verteilungseigenschaften der kindgemittelten Verhältnisse werden in Abbildung 39 in Form eines Histogramms dargestellt. Der Medianwert ist als vertikale Orientierungslinie in der Abbildung zu erkennen. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,406-0,464 s. Der Test nach Shapiro-Wilk ergab eine hinreichende Normalverteilung der Daten (p=0,740).

## ERGEBNISSE



**Abbildung 39: Histogramm: Verteilung für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') der Neugeborenen**

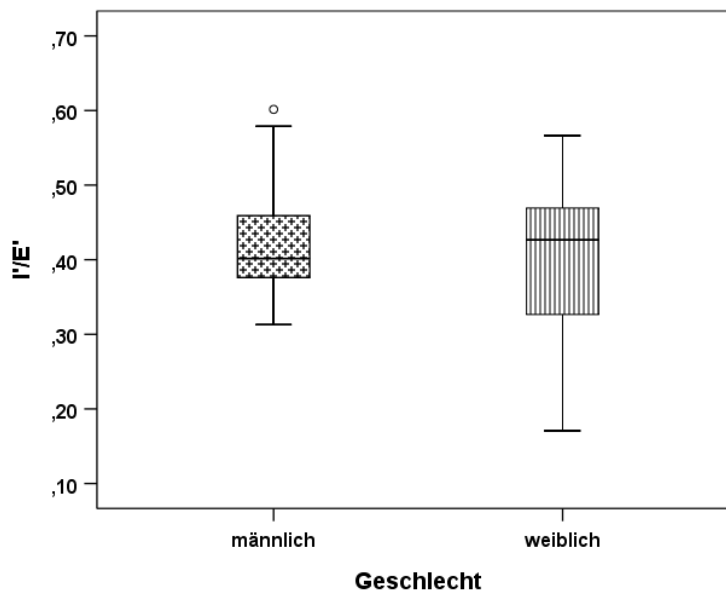
*I'/E'*: Verhältnis Inspirationslänge zu Expirationslänge  
Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
Bin-Breite: 0,058; Modalbin: 0,406-0,464

### 3.6.2 Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') im Geschlechtervergleich

Im folgenden Kapitel wurde das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') auf das Vorliegen von möglichen geschlechtsspezifischen Unterschieden untersucht. Die zugehörige deskriptive Statistik wird in Tabelle 32 berichtet. Das Boxplot-Diagramm (Abbildung 40) stellt die Verteilungseigenschaften der 31 männlichen und 21 weiblichen Neugeborenen grafisch dar.

**Tabelle 32:** Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') in Abhängigkeit vom Geschlecht

Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E')		
	männlich [N=31]	weiblich [N=21]
<b>Mittelwert (±SD)</b>	0,424 (±0,074)	0,407 (±0,100)
<b>Median</b>	0,402	0,427
<b>Minimum</b>	0,313	0,171
<b>Maximum</b>	0,602	0,573



**Abbildung 40:** Boxplot: Verteilungseigenschaften für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') der Neugeborenen im Geschlechtervergleich

Ein männliches Neugeborenes (AN) hatte einen vergleichsweise hohen Wert, der außerhalb der Whisker lag und somit einen Ausreißer darstellt. Im Diagramm wurde dieser mit einem Kreis markiert. Der Variationskoeffizient als Maß für die Variabilität der Daten beträgt 17% für die männlichen und 25% für die weiblichen Neugeborenen.

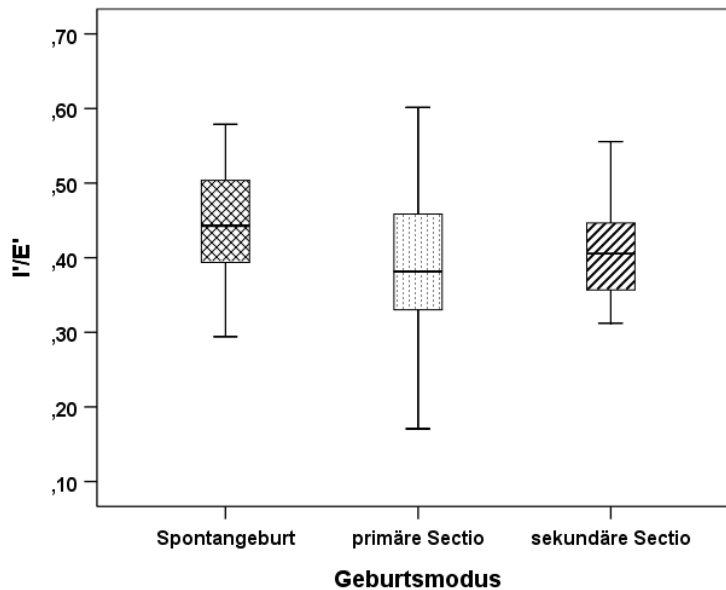
Laut Shapiro-Wilk lag eine hinreichende Normalverteilung der Daten vor (männlich:  $p=0,095$ ; weiblich:  $p=0,780$ ). Der im Anschluss verwendete t-Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern hinsichtlich des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) ( $p=0,482$ ).

### 3.6.3 Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Im Folgenden wurde ein möglicher Einfluss des Geburtsmodus auf das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) untersucht. Von den 52 untersuchten Neugeborenen wurden 20 spontan, 20 durch eine primäre Sectio und 12 durch eine sekundäre Sectio entbunden. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik werden in Tabelle 33 zusammengefasst. Abbildung 41 stellt die Verteilungseigenschaften im Gruppenvergleich anhand eines Boxplot-Diagrammes dar.

**Tabelle 33:** Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ )			
	Spontangeburt [N=20]	Primäre Sectio [N=20]	Sekundäre Sectio [N=12]
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD)</b>	0,448 ( $\pm 0,076$ )	0,392 ( $\pm 0,096$ )	0,409 ( $\pm 0,070$ )
<b>Median</b>	0,443	0,382	0,406
<b>Minimum</b>	0,294	0,171	0,312
<b>Maximum</b>	0,579	0,602	0,556



**Abbildung 41: Boxplot: Verteilungseigenschaften für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus**

Die Variationskoeffizienten von VAG und SS sind identisch (17%). Die Variabilität in der PS-Gruppe ist mit 24% etwas größer.

Laut Shapiro-Wilk waren die Daten hinreichend normalverteilt (VAG:  $p=0,863$ ; PS:  $p=0,941$ ; SS:  $p=0,739$ ). Im Anschluss wurde die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) angewendet. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') in Abhängigkeit vom Geburtsmodus ( $p=0,108$ ). Die Homogenität der Varianzen war nach Levene gewährleistet [ $F_{(2,49)}= 0,407$ ;  $p=0,668$ ].

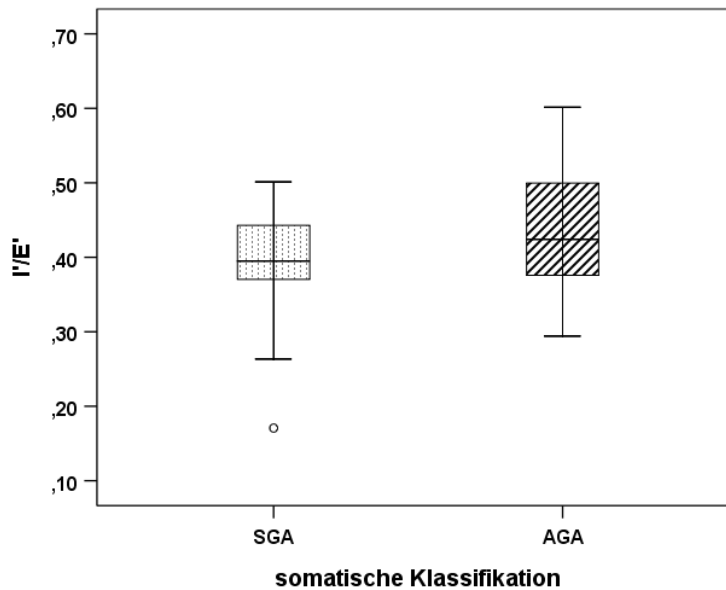
### 3.6.4 Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') in Abhängigkeit von der somatischen Reife

Die Kategorisierung der Neugeborenen nach der somatischen Reife anhand des gestationsaltersabhängigen Geburtsgewichts wird in Kapitel 2.3 beschrieben. Für die Analyse des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') entsprachen 19 Neugeborene der SGA-Kategorisierung und 33 Neugeborene der AGA-Kategorisierung.

Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik sind in Tabelle 34 zusammengefasst. Ein Boxplot-Diagramm dient zur Veranschaulichung der Verteilungseigenschaften der drei Gruppen (Abbildung 42).

**Tabelle 34:** Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation

Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E')		
	SGA [N=19]	AGA [N=33]
<b>Mittelwert (±SD)</b>	0,391 (±0,080)	0,433 (±0,086)
<b>Median</b>	0,395	0,424
<b>Minimum</b>	0,171	0,294
<b>Maximum</b>	0,501	0,602



**Abbildung 42:** Boxplot: Verteilungseigenschaften für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') der Neugeborenen in Abhängigkeit von der somatischen Reife

SGA= small-for-gestational-age

AGA= appropriate-for-gestational-age

Ein Neugeborenes der SGA-Gruppe (AE) hatte einen sehr niedrigen Wert, der außerhalb der Whisker lag und somit einen Ausreißer darstellte. Im Diagramm wurde dieser mit einem Kreis markiert. Die Variationskoeffizienten von SGA und AGA als Maß für die Variabilität der Daten betrug in beiden Gruppen 20%.

Nach Shapiro-Wilk waren alle Daten normalverteilt (SGA:  $p=0,071$ ; AGA:  $p=0,283$ ). Der angewandte t-Test wurde bezüglich des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Reife nicht signifikant ( $p=0,092$ ).

### 3.6.5 Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit vom Gestationsalter

In diesem Kapitel wurde untersucht, ob ein möglicher Einfluss des Gestationsalters (vSSW) auf das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ). Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in Abbildung 43 in Form eines Streu-Punkt-Diagramms visualisiert.

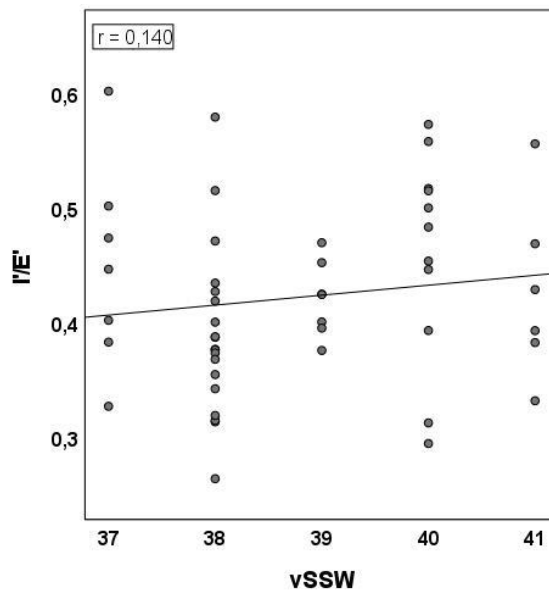


Abbildung 43: Streu-Punkt-Diagramm: Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW)

Im Diagramm erkennt man keine lineare Abhängigkeit des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) mit zunehmender vollendeter

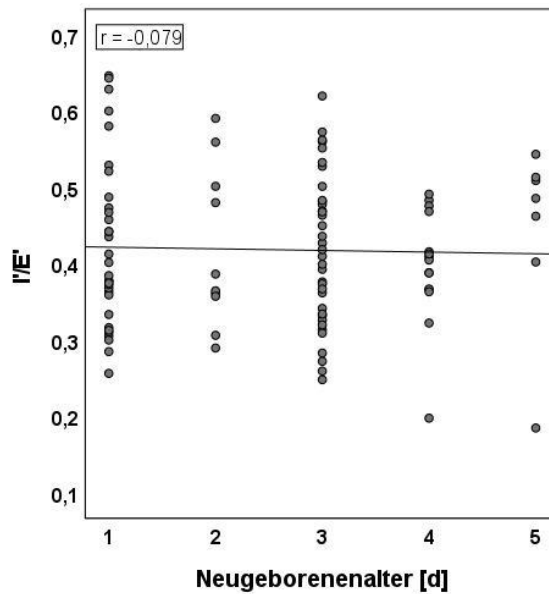


Schwangerschaftswoche. Nach Shapiro-Wilk ergab sich eine hinreichende Normalverteilung der Daten. Da nur ein Neugeborenes vor der 37. SSW entbunden wurde, wurde es nicht in die im Anschluss durchgeführten Tests mit einbezogen.

Im Test nach Pearson wurde der Zusammenhang zwischen dem Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) und dem Gestationsalter zur Geburt (vSSW) nicht signifikant ( $p= 0,332$ ). Die einfaktorielle Varianzanalyse brachte ebenfalls kein signifikantes Ergebnis ( $p=0,191$ ). Nach Levene war die Homogenität der Varianzen gewährleistet [ $F_{(4;45)}= 1,103$ ;  $p=0,367$ ].

### **3.6.6 Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter**

In diesem Kapitel wurde analysiert, ob das Neugeborenenalter (in Tagen) zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt einen Einfluss auf das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) hatte. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden in Abbildung 44 in Form eines Streu-Punkte-Diagrammes dargestellt.



**Abbildung 44: Streu-Punkt-Diagramm: Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt**

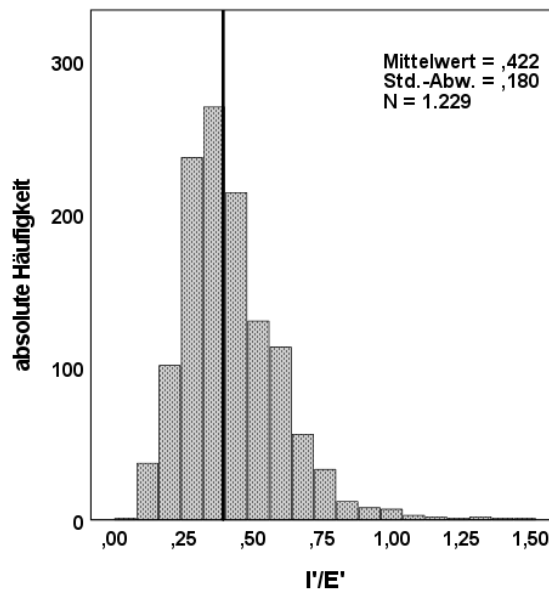
Im Diagramm erkennt man keinen linearen Einfluss des postnatalen Alters auf das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ). Im Shapiro-Wilk-Test ergab sich keine hinreichende Normalverteilung der Daten. Der Korrelationstest nach Spearman ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Größen ( $p=0,978$ ).

### **3.6.7 Deskriptive Analyse für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) auf Signalebene (Messintervall)**

Für die signalbezogene Analyse des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) wurden insgesamt 1229 Messintervalle ( $L_{ges}$ ) herangezogen. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik werden in Tabelle 35 berichtet. Abbildung 45 stellt die Verteilungseigenschaften grafisch dar.

**Tabelle 35:** Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') auf Signalebene [N=1229]

Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E')	
Mittelwert (±SD)	0,422 (±0,180)
Median	0,393
Minimum	0,074
Maximum	1,469



**Abbildung 45:** Histogramm: Verteilung des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') der Neugeborenen auf Signalebene

*I'/E'*: Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge  
Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
Bin-Breite: 0,08 s; Modalbin: 0,32-0,4 s

Im Test nach Shapiro-Wilk ergab sich keine Normalverteilung der Daten ( $p < 0,05$ ). Im Vergleich zu den Daten der Analyse auf Kindebene unterscheiden sich Mittelwert und Median kaum (siehe 3.6.1 und Tabelle 31).

### 3.7 Analyse des längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges)

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Analyse des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges) dargestellt (siehe Tabelle 4). Es werden neben allgemeinen deskriptiven Statistiken auch spezifische Vergleiche bezüglich Geschlecht, Geburtsmodus, somatischer Reife, Gestations- und Neugeborenenalter berichtet.

#### 3.7.1 Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges)

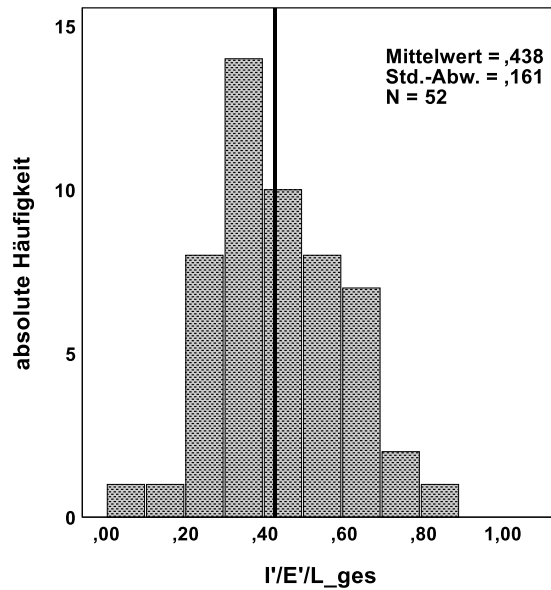
Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges) werden in Tabelle 36 dargestellt.

**Tabelle 36: Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges) [N=52]**

<b>längennormierter Quotient (I'/E'/L_ges)</b>	
<b>Mittelwert (±SD) [s<sup>-1</sup>]</b>	0,438 (±0,161)
<b>Median [s<sup>-1</sup>]</b>	0,423
<b>Minimum [s<sup>-1</sup>]</b>	0,075
<b>Maximum [s<sup>-1</sup>]</b>	0,871

Nicht für alle Neugeborenen lagen Messintervalle der Kategorie 1 vor. Die Werte von 2 Neugeborenen (AC, AX) waren außerdem sehr hoch und wurden deshalb nicht in den Analysen berücksichtigt. Die Ergebnisse beziehen sich auf 52 Neugeborene des untersuchten Kollektivs. Die Verteilung aller Kindmittel wird in Abbildung 46 in Form eines Histogramms veranschaulicht. Der Medianwert ist als vertikale Orientierungslinie in der Abbildung zu erkennen. Die häufigste dargestellte Klassenbreite (Modalbin) liegt bei 0,297-0,396 s. Die Daten waren laut Shapiro-Wilk-Test hinreichend normalverteilt (p=0,539).

## ERGEBNISSE



**Abbildung 46: Histogramm: Verteilung des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges) der Neugeborenen**

*I'/E'/L\_ges: längennormierter Quotient*

*Vertikale Orientierungslinie= Medianwert*

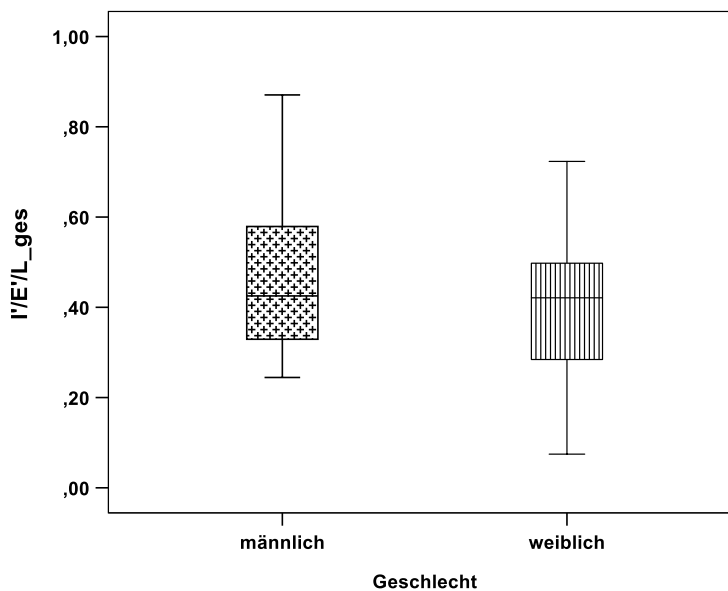
*Bin-Breite: 0,099 s<sup>-1</sup>; Modalbin: 0,297-0,396 s<sup>-1</sup>*

### 3.7.2 Mittlerer längennormierter Quotient (I'/E'/L\_ges) im Geschlechtervergleich

Im folgenden Kapitel wurde der mittlere längennormierte Quotient (I'/E'/L\_ges) auf das Vorliegen von möglichen geschlechtsspezifischen Unterschieden untersucht. Tabelle 37 zeigt die deskriptive Statistik und Abbildung 47 die Verteilungseigenschaften der 31 männlichen und 21 weiblichen Neugeborenen in Form eines Boxplot-Diagrammes.

**Tabelle 37:** Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) in Abhängigkeit vom Geschlecht

Längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ )		
	männlich [N=31]	weiblich [N=21]
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,457 ( $\pm$ 0,151)	0,412 ( $\pm$ 0,174)
<b>Median [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,425	0,421
<b>Minimum [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,245	0,075
<b>Maximum [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,871	0,723



**Abbildung 47:** Boxplot: Verteilungseigenschaften des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich  
*I'/E'/L\_ges: längennormierter Quotient*

Der Variationskoeffizient wurde als Maß für die Variabilität der Daten berechnet. Die Daten zeigten in beiden Gruppen eine hohe Variabilität mit einem Variationskoeffizienten von 33% für die männlichen und 42% für die weiblichen Neugeborenen.

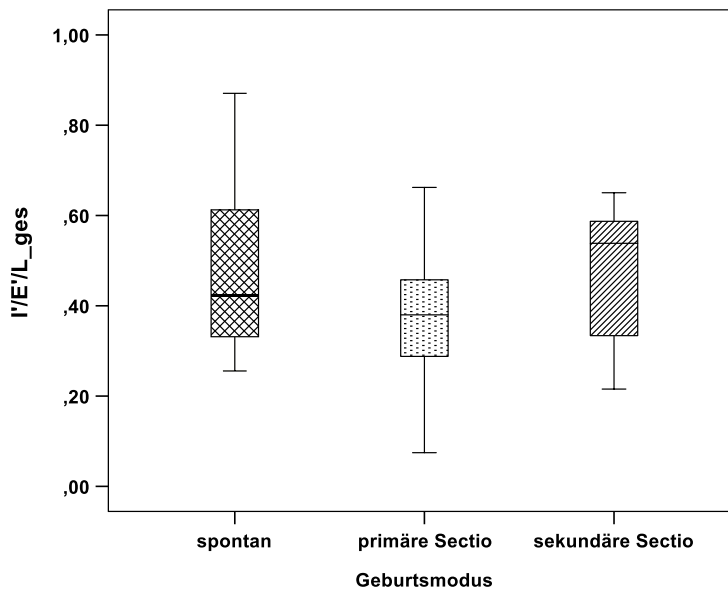
Laut Shapiro-Wilk lag keine hinreichende Normalverteilung der Daten vor (männlich:  $p=0,041$ ; weiblich:  $p=0,879$ ). Im angewandten Mann-Whitney-U-Test ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern hinsichtlich des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) ( $p=0,496$ ).

### 3.7.3 Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

In diesem Kapitel wurde analysiert, ob ein möglicher Einfluss des Geburtsmodus auf den mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) besteht. 20 der untersuchten Neugeborenen kamen spontan, 20 durch eine primäre Sectio und 12 durch eine sekundäre Sectio zur Welt. Tabelle 38 zeigt die Ergebnisse der deskriptiven Statistik. In Abbildung 48/Abbildung 34 werden die Verteilungseigenschaften im Gruppenvergleich als Boxplot-Diagramm dargestellt.

**Tabelle 38:** Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus

Längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ )			
	Spontangeburt [N=20]	Primäre Sectio [N=20]	Sekundäre Sectio [N=12]
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,478 ( $\pm 0,169$ )	0,378 ( $\pm 0,145$ )	0,470 ( $\pm 0,153$ )
<b>Median [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,423	0,380	0,538
<b>Minimum [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,256	0,075	0,216
<b>Maximum [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,871	0,662	0,650



**Abbildung 48: Boxplot: Verteilungseigenschaften des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus**

*I'/E'/L\_ges: längennormierter Quotient*

Die relative Streuung der Daten war in für 2 Gruppen ähnlich ausgeprägt. Der Variationskoeffizient lag für VAG bei 35%, für PS bei 38% und für SS bei 32%.

Nach Shapiro-Wilk ergab sich für die Daten aller drei Gruppen eine hinreichende Normalverteilung (VAG:  $p=0,150$ ; PS:  $p=0,997$ ; SS:  $p=0,078$ ). Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) ergab keine signifikanten Unterschiede für den mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus ( $p=0,106$ ). Die Homogenität der Varianzen war laut Levene-Test gegeben [ $F_{(2,49)}=0,487$ ;  $p=0,617$ ].

### 3.7.4 Mittlerer längennormierter Quotient (I'/E'/L\_ges) in Abhängigkeit von der somatischen Reife

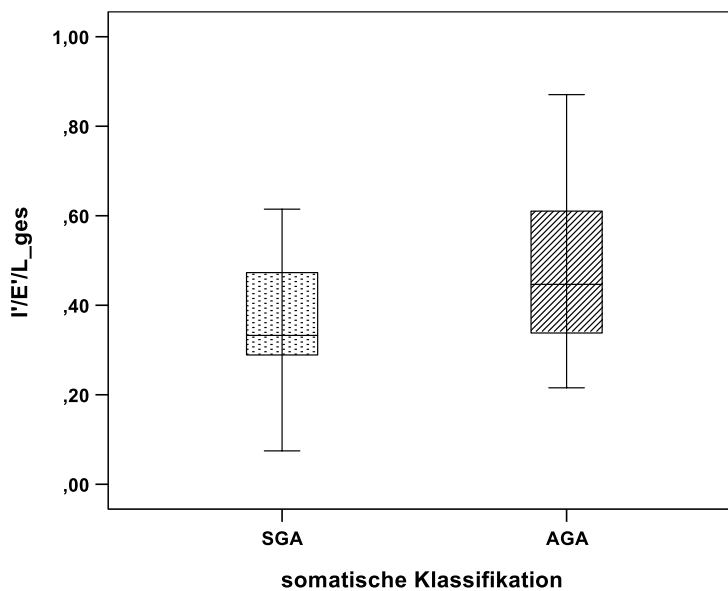
In Kapitel 2.3 wurde die Kategorisierung der Neugeborenen nach ihrer somatische Reife anhand des gestationsaltersabhängigen Geburtsgewichts beschrieben. Für die Analyse des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L\_ges) entsprachen 19 Neugeborene der SGA-Kategorisierung und 33 Neugeborene der AGA-Kategorisierung.

In Tabelle 39 sind die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zusammengefasst. Ein Boxplot-Diagramm veranschaulicht die Verteilungseigenschaften der Gruppen (Abbildung 49).



**Tabelle 39:** Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation

Längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ )		
	SGA [N=19]	AGA [N=33]
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,373 ( $\pm$ 0,142)	0,475 ( $\pm$ 0,161)
<b>Median [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,333	0,447
<b>Minimum [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,075	0,216
<b>Maximum [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,615	0,871



**Abbildung 49:** Boxplot: Verteilungseigenschaften des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit von der somatischen Reife

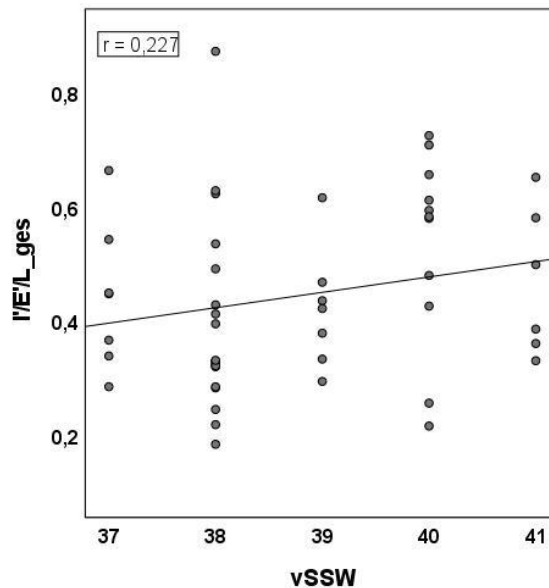
*I'/E'/L\_ges: längennormierter Quotient  
SGA= small-for-gestational-age  
AGA= appropriate-for-gestational-age*

Die Variationskoeffizienten von SGA und AGA als Maß für die Variabilität der Daten waren nahezu identisch (SGA: 38%; AGA: 33%).

Im Shapiro-Wilk-Test ergab sich eine hinreichende Normalverteilung der Daten (SGA:  $p=0,897$ ; AGA:  $p=0,305$ ). Der t-Test zeigte, dass bezüglich des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in Abhängigkeit von der somatischen Reife der Neugeborenen besteht ( $p=0,026$ ). Der Unterschied zwischen SGA und AGA zeigte einen mittleren bis großen Effekt nach Cohens  $d$  ( $0,663$ ) (Cohen, 1988, 2013).

### 3.7.5 Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L_{ges}$ ) in Abhängigkeit vom Gestationsalter

In diesem Kapitel wurde analysiert, ob ein Einfluss des Gestationsalters (vollendete Schwangerschaftswoche zur Geburt) auf den mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) besteht. In Abbildung 50 sind die Analyseergebnisse in Form eines Streu-Punkt-Diagramms dargestellt.



**Abbildung 50:** Streu-Punkt-Diagramm: Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L_{ges}$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW)  
*I'/E'/L\_ges: längennormierter Quotient*

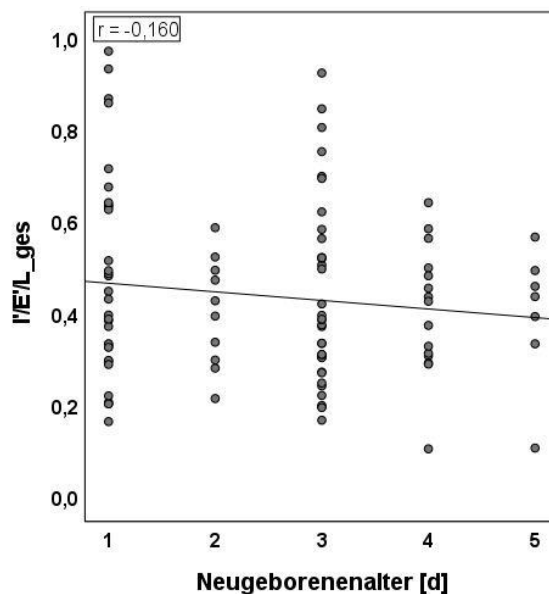
Im Diagramm erkennt man einen leichten Anstieg des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) mit zunehmendem Gestationsalter (vSSW). Nach Shapiro-Wilk ergab sich keine hinreichende Normalverteilung der Daten. Da nur zwei Probanden vor der

37. Schwangerschaftswoche entbunden wurden, wurden diese in den im Anschluss durchgeführten Tests nicht berücksichtigt.

Im Test nach Spearman wurde der Zusammenhang zwischen dem mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) und dem Gestationsalter zur Geburt (vSSW) nicht signifikant linear ( $p=0,113$ ). Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) zeigte in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW) keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) ( $p=0,232$ ). Nach Levene war die Homogenität der Varianzen gewährleistet [ $F_{(5;46)}= 0,992$ ;  $p=0,433$ ].

### 3.7.6 Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ ) in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter

Im folgenden Kapitel wird ein möglicher Einfluss des Neugeborenenalters (in Tagen) zum jeweiligen Aufnahmezeitpunkt auf den mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden in Abbildung 51 in Form eines Streu-Punkte-Diagrammes dargestellt.



**Abbildung 51:** Streu-Punkt-Diagramm: Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt  
*I'/E'/L\_ges: längennormierter Quotient*

Im Diagramm erkennt man keinen Einfluss des postnatalen Alters auf den mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ). Im Shapiro-Wilk-Test ergab sich keine hinreichende Normalverteilung der Daten. Laut Korrelationstest nach Spearman besteht kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen den Größen ( $p=0,335$ ).

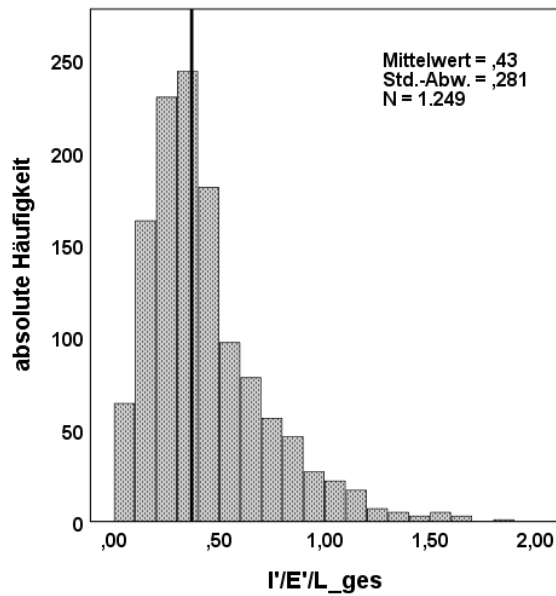
### 3.7.7 Deskriptive Analyse des längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) auf Signalebene (Messintervall)

1249 Messintervalle ( $L_{ges}$ ) konnten für die signalbezogene Analyse des längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) herangezogen werden. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik werden in Tabelle 40 berichtet. Abbildung 52 stellt die Verteilungseigenschaften der Daten als Histogramm dar.

**Tabelle 40:** Deskriptive Statistik des längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) auf Signalebene [N=1249]

Längennormierter Quotient ( $I'/E'/L_{ges}$ )	
<b>Mittelwert (<math>\pm</math>SD) [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,434 ( $\pm$ 0,281)
<b>Median [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,369
<b>Minimum [<math>s^{-1}</math>]</b>	0,026
<b>Maximum [<math>s^{-1}</math>]</b>	1,866

## ERGEBNISSE



**Abbildung 52: Histogramm: Verteilung der Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen auf Signalebene**

*l'/E'/L\_ges: längennormierter Quotient  
Vertikale Orientierungslinie= Medianwert  
Bin-Breite:  $0,1 \text{ s}^{-1}$ ; Modalbin:  $0,3-0,4 \text{ s}^{-1}$*

Im Test nach Shapiro-Wilk ergab sich keine Normalverteilung der Daten ( $p < 0,05$ ). Im Vergleich zu den Daten der Analyse auf Kindebene unterscheiden sich Mittelwert und Median kaum (siehe 3.7.1 und Tabelle 36).

## 4 Diskussion

### 4.1 Absolute und relative Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven

Zur Dauer der einzelnen Intervalle (siehe 2.5.2) während der vokalen Kommunikation (Weinen) bei Neugeborenen gibt es in der Fachliteratur bisher nur wenige Daten mit zumeist ungenau, beziehungsweise unterschiedlich definierten Grenzen der einzelnen Intervalle. In den meisten Arbeiten wird ausschließlich zwischen Inspirationsphase und Expirationsphase unterschieden (Michelsson et al., 2002; te Pas et al., 2009; Thoden & Koivisto, 1980). Die nicht lautierten Intervalle eines Atemintervalls wurden entweder nicht vermessen oder nicht berücksichtigt. Auch die Messmethoden sowie die Schreiqualität (schmerzinduzierter Schrei oder spontane Lautäußerung) waren verschieden, weshalb ein direkter Vergleich zwischen der bisherigen Literatur und den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit kaum möglich ist. Spontane Lautäußerungen Neugeborener wurden, bezüglich ihrer Dauer, nur von Risse (2011), Sereschk (2019) und Wermke (2019) vermessen.

Der gesamte Respirationszyklus wurde bislang mit gleichen, oder zumindest ähnlichen Definitionen der Intervallgrenzen, wie sie in der vorliegenden Arbeit verwendet werden, vergleichbar nur von Sereschk (2019), Wermke et al. (2019) und Robb et al. (2011) untersucht. Sereschk (2019) untersuchte temporale Aspekte und Unterschiede spontaner Vokalisationen Neugeborener mit auffälligen und unauffälligen Ergebnissen im Neugeborenen-Hörscreening in der ersten Lebenswoche. In der vorliegenden Arbeit wurde die gleiche Messmethode verwendet, die Sereschk im ZVES implementiert hatte (siehe 2.5.2) (Sereschk, 2019). Wermke et al. analysierten in mehreren ihrer Arbeiten die Dauer einzelner, genau definierter Messgrößen spontaner Lautäußerungen von gesunden, unauffälligen Neugeborenen in der ersten Lebenswoche (Wermke et al., 2018; Wermke et al., 2017; Wermke et al., 2019). Auch Robb (2011) untersuchte den vollständigen Respirationszyklus, bestehend aus Inspirationsphase und Expirationsphase, gesunder, reifgeborener Neugeborener und analysierte die Atemfrequenz sowie die Relation von Inspirations- und Expirationsphase zueinander. Die hier analysierten Schreie wurden durch

einen leichten Schmerzreiz (standardisierte medizinische Routineuntersuchungen) ausgelöst und aufgenommen (Robb et al., 2011).

Auch andere Autoren berichteten in der Literatur für einzelne der hier untersuchten Messgrößen Zeitwerte. Für die phonierte Inspiration gaben zum Beispiel Grau et. al. (1995) eine mittlere Dauer von 0,146s an. Sie untersuchten zwei Tage alte Neugeborene anhand ihrer schmerzinduzierten Lautäußerungen (Grau et al., 1995). In einer anderen Arbeit wurde für die Inspirationsdauer von schmerzinduzierter Lauten im ersten Lebensmonat 0,23 s berichtet (Langlois et al., 1980). Te Pas untersuchte den Gasfluss (während des Weinsens) präterm- und reifgeborener Neugeborener in den ersten Minuten nach der Geburt und maß durchschnittlich 0,33 s für die Inspirationslänge (te Pas et al., 2009). Al-Hathlol et al. vermaßen im Gegensatz zu den anderen Autoren die Ruheatmung schlafender Neugeborener und gaben für die Inspirationslänge eine mittlere Dauer von 0,7s an (Al-Hathlol et al., 2000). Da keine genaue Übereinstimmung von Messgrenzen und Schreiqualität (schmerzinduzierte oder spontane Vokalisation) zwischen der bisherigen Literatur inspiratorischer Messgrößen und der in der vorliegenden Arbeit vermessenen ingressiven Phonation und Inspirationslänge besteht, können die Ergebnisse der zuvor genannten Studien lediglich als grobe Richtwerte zum Vergleich mit den Ergebnissen vorliegender Arbeit dienen.

Weitaus mehr Autoren untersuchten die phonierte Expiration oder die Gesamtlänge der Laute. Bei der Analyse der Dauer von schmerzinduzierten Lautäußerungen gesunder, unauffälliger Neugeborener wurden Variationen zwischen 1,4 und 5,2 Sekunden festgestellt (Michelsson et al., 2002; Thoden & Koivisto, 1980; Wasz-Hockert, 1968).

Risse (2011) analysierte die Melodiestructur spontaner Lautäußerungen von SGA- und AGA- Neugeborenen und vermaß unter anderem auch die Dauer der Vokalisationen. Sie zeigte, dass SGA-Neugeborene mit 1,36 s im Mittel signifikant größere Werte der Gesamtsignaldauer komplexer Melodiestructuren zeigten als AGA-Neugeborene mit 1,19 s (Risse, 2011). In einer Studie an SGA-Neugeborenen mit einem Geburtsgewicht <2500g und AGA-Neugeborenen untersuchte Michelsson die Dauer der Vokalisation und stellte fest, dass die Vokalisationen der Gruppe der SGA-Neugeborenen signifikant kürzer waren (Michelsson, 1971). Da in der vorliegenden Arbeit keine Neugeborenen mit einem

Geburtsgewicht <2500g untersucht wurden, stellen die Ergebnisse von Risse (2011) geeignetere Vergleichswerte dar.

Für die temporalen Schreiecharakteristika Neugeborener unterschiedlicher somatischer Reife anhand standardisierter Wachstumskurven gibt es zum aktuellen Wissensstand bislang keine andere vergleichbare Literatur. Als Nebenbefund von Analysen anderer Schreiecharakteristika wurden in einigen Arbeiten temporale Parameter von präterm- und reifgeborenen Säuglingen miteinander verglichen (Lester, 1987; Michelsson et al., 1983; Thodén et al., 1985). Mehrere Autoren zeigten, dass die Schreilaute Frühgeborener neben einer erhöhten Grundfrequenz mit instabilem Melodieverlauf auch durch eine verminderte durchschnittliche Länge eines einzelnen Schreis charakterisiert waren (Cacace et al., 1995; LaGasse et al., 2005; Lester, 1987; Michelsson, 1971; Michelsson & Michelsson, 1999; Michelsson et al., 1984; Michelsson et al., 1982; Thodén et al., 1985). Die Einteilung in präterm und reifgeborene Neugeborene bezieht sich allerdings lediglich auf das Gestationsalter und berücksichtigt nicht den längen- oder gewichtsbezogenen Reifezustand der Neugeborenen. Eine Einteilung in SGA und AGA stellt eine genauere Beurteilung des somatischen Reifezustandes dar. Da sowohl die Frühgeburtlichkeit, als auch eine intrauterine Wachstumsretardierung ein vermindertes Geburtsgewicht bedingen können, sind die Untersuchungen an prätermen Neugeborenen interessant, wenn auch kein direkter Vergleich zu den in der vorliegenden Arbeit untersuchten reifgeborenen Säuglingen mit intrauteriner Wachstumsretardierung gezogen werden kann.

Für die vorliegende Arbeit und die hier untersuchten Fragestellungen sind außerdem die Untersuchungen von Zeskind und Lester (1978) interessant. Sie verglichen die schmerzinduzierten Schreie von prä- und perinatal beeinträchtigten Neugeborenen und nicht beeinträchtigten (gesunden) Neugeborenen und zeigten, dass die Schreie der beeinträchtigten Neugeborenen mit 3,75 s deutlich kürzer als die der nicht beeinträchtigten gesunden Neugeborenen mit 6,5 s waren (Zeskind & Lester, 1978). Da das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Neugeborenenkollektiv nur gesunde Neugeborene umfasste, gilt es herauszufinden, ob die Vokalisationen SGA-Neugeborener durch ihre intrauterine Wachstumsretardierung ebenfalls kürzer im Vergleich zu den Vokalisationen AGA-Neugeborenen sind.



Vergleicht man die Ergebnisse der zuvor beschriebenen Literatur mit den Ergebnissen vorliegender Arbeit, liegen diese in etwa der gleichen Größenordnung. Für die Dauer der ingressiven Vokalisation resultierten die Analysen dieser Arbeit gemittelt über die Probanden in einem Wert von 0,150 s. Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen SGA- (0,160s) und AGA-Neugeborenen (0,145 s). Der Wert ist fast identisch mit der von Grau et al. berichteten Dauer von 0,146 s für die phonierte Inspiration bei schmerzinduzierten Lautäußerungen (Grau et al., 1995) und weicht leicht von Ergebnissen der Vermessung spontaner Lautäußerungen mit durchschnittlich 0,129 s ab (Wermke et al., 2018). Bei Sereschk (2019) waren es 0,199 s. Die Werte von Sereschk (2019) fallen im Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegender Arbeit und der weiteren Literatur (Grau et al., 1995; Wermke et al., 2018) insgesamt etwas höher aus.

Die Länge inspiratorischer Geräusche bei gesunden Neugeborenen scheint eine stabile Messgröße darzustellen. Das Ausbleiben signifikanter Unterschiede zwischen den Probandengruppen für die Dauer der ingressiven Vokalisation hängt vermutlich damit zusammen, dass nur gesunde Neugeborene untersucht wurden und ingressive Vokalisationen in den ersten zehn Lebenswochen, oder länger, regelmäßig bei Phonationen unauffälliger Neugeborener vorkommen (Wermke et al., 2018). Diese physiologischen ingressiven Laute unterscheiden sich von pathologischen ingressiven Geräuschen wie z.B. bei Vorhandensein eines Stridors, die, je nach Lokalisation, während der Inspiration oder während der Expiration auftreten können (Hirschberg, 1980).

Für die Inspirationslänge ergaben sich in dieser Arbeit signifikante Unterschiede zwischen SGA- und AGA-Neugeborenen (t-Test: SGA:0,339 s; AGA: 0,303 s;  $p=0,013$ ). SGA-Neugeborene wiesen eine signifikant längere Inspiration ( $I'$ ) auf als AGA-Neugeborene. Mit 36 ms fiel der Unterschied relativ gering, dennoch signifikant aus.

Die Inspirationslänge ( $I'$ ) (siehe 2.5.2) ist die Größe, die am besten vergleichbar mit der bisherigen Literatur zur Inspirationsphase ist. Im Mittel betrug sie in der vorliegenden Studie 0,310 s auf Kindebene und 0,314 s auf Signalebene.

Im Vergleich liegen die hier berichteten Werte in der gleichen Größenordnung der Werte anderer Autoren. So berichteten Wermke et al. in ihren Untersuchungen spontaner Lautäußerungen gesunder Neugeborener eine durchschnittliche Dauer der Inspirationsphase von 0,31 s auf Kindebene und 0,37 s auf Signalebene (Wermke et al.,

2019). Sereschk (2019) untersuchte diese Messgröße nur signalbasiert. Er fand im Mittel Werte von 0,349 s. Auch Robb (2019) berichtete für die Dauer der Inspirationsphase 0,32 s bei schmerzinduzierten Lautäußerungen (Robb et al., 2011). Eine intrauterine Wachstumsretardierung scheint also keinen nachteiligen Einfluss auf die Inspirationslänge zu haben, da die Inspirationslänge SGA-Neugeborener gegen die Erwartungen sogar im Vergleich zu AGA-Neugeborenen verlängert ist und kaum von den bisher in der Literatur berichteten Werten abweicht.

Auch für die Einzelsignallänge und das gesamte Messintervall zeigten die Analysen dieser Arbeit signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Die Einzelsignale dauerten bei SGA (0,893 s) im Mittel 143 ms länger an als bei AGA (0,750 s) ( $p=0,028$ ). Für die Expirationslänge zeigte sich die gleiche Tendenz, der Unterschied war im t-Test jedoch nicht signifikant (SGA: 0,897 s, AGA: 0,803 s). Die Dauer des gesamten Messintervalls war bei SGA-Neugeborenen (1,305 s) circa 200 ms länger als bei AGA (1,110 s;  $p=0,027$ ). Die signifikanten Unterschiede zeigten jeweils eine mittlere bis starke Effektstärke nach Cohens (Cohen, 2013).

Die Beobachtungen von Risse (2011), dass die Vokalisationen SGA-Neugeborener länger ausfallen, als die AGA-Neugeborener, konnten mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit bestätigt werden (Risse, 2011). Risse (2011) vermaß ausschließlich die phonierte Vokalisation von Einzelbögen, Mehrfachbögen und komplexen Melodistrukturen, wobei nur für die beiden zuerst genannten Messgrößen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen berichtet werden konnten (SGA: 0,884-1,260 s; AGA: 0,652-0,953 s). Die Messgrenzen der berichteten Werte aus Risses Untersuchungen stimmen mit der in dieser Arbeit als Einzelsignal (siehe 2.5.2) definierten Messgröße überein (Risse, 2011).

Ähnliche Zeitwerte, verglichen mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit, wurden für die Untersuchungen an gesunden, unauffälligen Neugeborenen in den Arbeiten der anderen Autoren berichtet, die in der Größenordnung der Dauer des Einzelsignals, der Expirationslänge und der gemessenen Dauer des Messintervalls dieser Arbeit liegen. In den Untersuchungen von Robb ergab sich eine mittlere Expirationslänge von 0,89 s (Robb et al., 2011). Sereschks Werte für die im Hörcreening unauffälligen Neugeborenen lagen bei 1,18 s für die Einzelsignallänge und bei 1,42 s für das Messintervall (Sereschk, 2019). Wermke vermaß unter anderem die expiratorische Phonation (0,97 s). In ihren neueren

Untersuchungen berichtete sie eine Expirationslänge von 0,892 s und 1,23 s für die mittlere Dauer des gesamten Respirationszykluses (Wermke et al., 2017; Wermke et al., 2019). Ein breath-cycle dauerte bei Wilder und Baken im Durchschnitt 1,2 s und in Robbs Untersuchungen 1,22 s an (Robb et al., 2020; Wilder & Baken, 1978). Die mit der bisherigen Literatur übereinstimmenden Werte für die Einzelsignal- und Expirationslänge, sowie für das gesamte Messintervall bestätigen ebenfalls, dass SGA-Neugeborene in den ersten Tagen nach der Geburt keine Einschränkungen bezüglich ihrer Vokalisationsdauer erleiden. Im Vergleich zu AGA-Neugeborenen fallen die expiratorischen Messgrößen signifikant länger aus.

Für die Beziehung von Inspirations- zu Expirationslänge zeigten sich in den Analysen keine Gruppenunterschiede. Im Durchschnitt ergab sich ein Verhältnis von 0,417 (circa 1:2,5). Das bedeutet, dass sich bei längerer Expirationsphase die Inspirationsphase auch verlängert. In Abhängigkeit von der Dauer des gesamten Messintervalls verkleinert sich, wie in den Untersuchungen von Sereschk und Wermke, das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge, wenn die Gesamtdauer des Messintervalls zunimmt, der Zusammenhang war allerdings nicht linear (Wermke et al., 2019). Die Ergebnisse dieser Arbeit liegen in etwa in der Größenordnung der gängigen Beatmungsparameter in der Pädiatrie, die für gesunde Neugeborene mit einer Inspirationszeit von 0,3s und einem Verhältnis von 1:3-1:4 von Inspiration zu Expiration definiert sind (Friese et al., 2013). Unterschiede der Werte der vorliegenden Studie zu den Werten anderer Autoren, die ein Verhältnis von 1,5 berichteten, lassen sich vermutlich damit erklären, dass zumeist nur die phonierte Inspiration und Expiration, ohne Einbeziehung der nicht lautierten Übergangsphasen, vermessen wurde (Langlois et al., 1980; Stark et al., 1975; Truby & Lind, 1965). Betrachtet man das Verhältnis von Inspirations- zu Expirationslänge im Bezug zum gesamten Messintervall (längennormierter Quotient) ergab sich insgesamt ein Verhältnis von 1:2,3 und ein signifikanter Unterschied zwischen SGA- (1:2,7) und AGA-Neugeborenen (1:2,1) ( $p=0,026$ ). Dies kommt vermutlich durch die signifikant größeren Werte der Inspirationslänge, der Einzelsignallänge und des gesamten Messintervalls zustande.

Die hier berichteten Ergebnisse zeigen, dass signifikante Unterschiede der temporalen Eigenschaften von Vokalisationen zwischen-SGA- und AGA-Neugeborenen bestehen. SGA-Neugeborene weisen längere Zeitwerte für die Inspirationslänge, die Einzelsignallänge und das gesamte Messintervall im Vergleich zu AGA-Neugeborenen auf.

Dies spiegelt sich auch im längennormierten Quotienten wieder. Um eine Aussage über das Ausmaß dieser Befunde, auch bei kleinerer Stichprobe, machen zu können, wurde jeweils die Effektstärke anhand des Cohen's d Punktschätzers berechnet. Diese Berechnung schrieb den vier signifikanten Ergebnissen jeweils einen mittleren bis großen Effekt zu. Dies bedeutet, dass sich die beobachteten Unterschiede bei größerer Stichprobe noch deutlicher zeigen könnten (Cohen, 1988). Das Verhältnis von Inspirations- zu Expirationslänge scheint allerdings ein stabiles Verhältnis zu sein, dass bei gesunden Neugeborenen unverändert konstant ist und nicht durch eine intrauterine Wachstumsretardierung beeinflusst wird.

Mit Blick auf die Ergebnisse der hier analysierten Daten stellt sich die Frage, warum die Schrei-Respirations-Zyklen und einzelne Intervalle bei Säuglingen mit intrauteriner Wachstumsretardierung länger ausfallen, obwohl man aufgrund der Retardierung eher verkürzte Werte erwarten würde. Eine intrauterine Wachstumsretardierung greift in physiologische und biochemische Stoffwechselfvorgänge ein und kann den Säugling einem Risiko für Entwicklungsanomalien aussetzen, so dass auch postnatal ein erhöhter Adaptationsbedarf des SGA-Neugeborenen die Folge sein kann (Maccari et al., 2003; Mullis & Tonella, 2008). Im Tiermodell führte sie zum Beispiel zu einer verminderten Lungengröße (Lang et al., 2000; Maloney et al., 1982). Durch die Folgen einer stressinduzierten Erhöhung der systemischen Kortisolkonzentration scheint diese Beeinträchtigung jedoch vernachlässigbar zu sein. Phospholipide und Proteine, die für die Surfactant-Synthese von Bedeutung sind, können aufgrund des größeren Kortisolangebots vermehrt gebildet werden (G. Braems et al., 1998; G. A. Braems et al., 2000; Gagnon et al., 1999; Harding et al., 2000; Joyce et al., 2001). Dies könnte ein Ansatzpunkt für die Erklärung der hier beobachteten verlängerten Zeitdauer des Messintervalls, der Inspirations- und der Expirationslänge sein. Da die Inspirationslänge ein Maß für die respiratorische Fitness ist (Furlow, 1997), könnte man erwarten, dass die verlängerten Werte der Inspirationslänge der SGA-Probanden und -Probandinnen Ausdruck der Adaption sind. Diese Beobachtungen legen nahe, dass die Beschleunigung der Hirn- und Lungenreifung bei SGA-Säuglingen eine Anpassung des Fötus an das frühe extrauterine Leben widerspiegelt.

Al-Hathlol (2000) und andere vermuteten, dass eine verlängerte Expirationsphase eine Adaption an eine erhöhte postinspiratorische Aktivität des Zwerchfells und einen erhöhten Widerstand der oberen Atemwege bei Frühgeborenen sein könnte, um das Lungenvolumen

zu erhalten und einen Kollaps aufgrund eines schlechten Brustwandruckschlags zu verhindern (Al-Hathlol et al., 2000; Reis et al., 1994; Rigatto, 1995). Auch bei Neugeborenen mit intrauteriner Wachstumsretardierung scheint die Compliance der Lunge reduziert zu sein (Joyce et al., 2001). Eventuell ist eine ähnliche Adaptionstechnik wegen physiologischer Unterentwicklung auch bei SGA-Neugeborenen die Begründung für vergrößerte Werte der Messgrößen. Bei auffälligen, stark beeinträchtigten SGA-Neugeborenen würde man somit, wegen eines noch größeren Adaptionsbedarfes, stärker vergrößerte Expirationslängen erwarten.

Insgesamt kann aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit die Vermutung aufgestellt werden, dass SGA-Neugeborene einen größeren Adaptionsbedarf und somit einen größeren Antrieb zur Lebenserhaltung haben als Neugeborene ohne Wachstumsretardierung, der sich in einem „überschießenden Ausgleich“ (verlängerte Intervalle) zeigt.

Weitere Untersuchungen mit größerer Stichprobe und mäßig adaptierten, oder medizinisch beeinträchtigten SGA-Neugeborenen sind notwendig, um die signifikanten Unterschiede zu verifizieren und zu prüfen, ob diese auch bei einer größeren Probandenanzahl robust und medizinisch aussagekräftig sind. Zudem sollten hereditäre und genetische Körpergrößen der Probanden und Probandinnen mit einbezogen werden, da diese Faktoren einen Einfluss auf die somatische Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven haben können (Voigt et al., 2014; Voigt et al., 2000).

## **4.2 Absolute und relative Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit vom Geburtsmodus**

Die Ergebnisse dieser Arbeit lieferten bezüglich der temporalen Charakteristika spontaner Lautäußerungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus.

In der Literatur wurden in Abhängigkeit vom Geburtsmodus Unterschiede in der postnatalen Adaption beobachtet. Besonders deutlich zeigten sich diese in der bisherigen Literatur zwischen Spontan- und Sectiogeboenen (Fogelson et al., 2005; Hales et al., 1993; Hansen et al., 2007, 2008). Einige Autoren stellten eine verzögerte pulmonale Adaptation fest, die sich durch die außerordentlichen Aufholmechanismen Neugeborener jedoch wieder ausgleichen sollte und somit keine nennenswerten Komplikationen und Langzeitfolgen für den Säugling darstellen sollten (Hokken-Koelega et al., 1995; Karlberg & Albertsson-Wikland, 1995; Tanner, 1994). Andere gehen davon aus, dass eine Sectio eine verlangsamte perinatale Adaptation bedingen kann und ein erhöhtes Risiko für respiratorische Komplikationen und Atemwegserkrankungen besteht (Hansen et al., 2007, 2008; Werner et al., 2012). Atemwegserkrankungen treten bei sekundärer Sectio häufiger auf als bei primärer Sectio. Bei vaginaler Entbindung ist das Risiko einer Atemwegserkrankung hingegen am geringsten (Hales et al., 1993).

Da hormonelle und physiologische Veränderungen im Zusammenhang mit der Wehentätigkeit für die Reifung der Lunge notwendig sind (Faxelius et al., 1983; Jain & Dudell, 2006) kann diese, wenn die Veränderungen aufgrund fehlender Wehentätigkeit bei der elektiven Sectio ausbleiben, beeinträchtigt sein (Irestedt et al., 1982). Weiterhin wird in der Literatur durch fehlenden intrathorakalen Druck verbleibende Flüssigkeit in der Lunge bei Sectiogeburten, die bei einer Vaginalgeburt durch den Geburtsstress resorbiert wird, als Grund für respiratorische Komplikationen genannt (Vyas et al., 1981). Bei reifen, vaginal entbundenen Neugeborenen bildet sich die funktionelle Reservekapazität (FRC) vollständig innerhalb der ersten zwei bis drei Stunden aus. Anders ist es bei Sectiogeboenen. Infolge größerer Mengen an zu resorbierender fetaler pulmonaler Flüssigkeit ist erst nach fünf bis sechs Stunden mit einer vollständig ausgebildeten FRC zu rechnen. So verändern sich die Funktionsparameter der Neugeborenen in Abhängigkeit ihrer pulmonalen Reife in den ersten Lebensstunden und sind nach ca. 24-48h konstant (Friese et al., 2013). Chiswick

und Milner (1976) untersuchten die Vitalkapazität während des Weins (Crying vital capacity=CVC) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus. Die geringere CVC und der spätere, prozentuale Anstieg der CVC bei reifgeborenen Neugeborenen, die per Sectio entbunden wurden im Vergleich zu vaginal entbundenen Neugeborenen bestätigte ihre Vermutungen eines reduzierten Lungenvolumens durch verzögerte Resorption von Lungenflüssigkeit nach Sectio (Chiswick & Milner, 1976).

Der Einfluss des Geburtsmodus auf die Charakteristika des Neugeborenen schreies wurde bislang nur von wenigen Autoren untersucht. Die Ergebnisse geben jedoch Anlass für weiterführende Untersuchungen. Makóí (1974) zeigte Unterschiede in der Melodiestructur zwischen Spontan- und Sectio geborenen auf. Die Melodien der Sectio geborenen zeigten mehr Irregularitäten und als „auffällig“ eingestufte Melodieverläufe (Wasz-Hockert, 1968). Zwischen primärer und sekundärer Sectio wurde nicht unterschieden (Makóí et al., 1974).

Andere Autoren untersuchten unter anderem die Dauer des Weins von reifgeborenen, gesunden Neugeborenen unterschiedlicher Geburtsmodi als Reaktion auf eine Impfung im Alter von acht Wochen und konnten eine Abhängigkeit vom Geburtsmodus berichten. Sie zeigten, dass durch assistierte elektive Sectio (Saugglocke oder Zange) entbundene Neugeborene deutlich länger weinten, als vaginal, oder durch komplikationsfreie, elektive Sectio entbundene Neugeborene (Taylor et al., 2000).

Da sich die Literatur über Unterschiede in der Adaptation einig war, wurde vermutet, dass sich diese verzögerte Adaptation in den temporalen Parametern der spontanen Vokalisationen widerspiegeln könnte. Die Untersuchungen von Branco (2005), Höing (2010) und von einer weiteren Studie von Makóí und Takacs (2012) untersuchten die temporalen Parameter bereits teilweise und haben deshalb Relevanz bezüglich der Frage nach dem Einfluss des Geburtsmodus auf temporale Charakteristika von Neugeborenen. Branco (2005) untersuchte, neben anderen Messgrößen, die Dauer der phonierten Expiration von spontan und durch Sectio entbundenen Neugeborenen während der ersten Lebensstage. Im Gegensatz zu den Lauten der Spontangeburt (0,9 s) dauerten die der Sectio geborenen 200 ms kürzer an (0,7 s) an (Branco et al., 2005). Höing (2010) untersuchte die Melodiestructur und als weitere Messgröße auch die Dauer verschiedener Melodiestructuren der spontanen Laute Neugeborener verschiedener Geburtsmodi. Es ergaben sich in ihren Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den

Gruppen, sowohl für die Gesamtstrukturen (VAG: 0,64s; PS: 0,75 s; SS:0,71 s), als auch für die separate Betrachtung einböiger Strukturen (VAG: 0,85 s; PS: 0,99 s; SS: 0,96 s). Eine Tendenz, die sich als nicht signifikant herausstellte, zeigte sich für länger andauernde Strukturen der Sectiogruppen im Vergleich zu den Spontangeburt (Höing, 2010). Makó und Takacs (2012) analysierten Unterschiede zwischen vaginal und per Sectio entbundenen Neugeborenen anhand des ersten Schreis nach der Geburt. Auch die Schreilänge wurde vermessen, wobei die Grenzen des Vermessenen nur vage definiert wurden. Die Schreilänge unterschied sich zwischen den Gruppen nicht signifikant und betrug 0,68 s für Spontan- und 0,64 s für Sectiogeboene (Makoi & Takacs, 2012).

Für die Einzelsignallänge ergaben sich in dieser Arbeit Werte von 0,77 s für VAG, 0,87 s für PS und 0,75 s für SS. Diese liegen damit etwa in der Größenordnung der Werte der anderen Autoren. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geburtsmodi, somit konnten die Ergebnisse von Branco nicht bestätigt werden. Eine Tendenz für längere Einzelsignale wurde im Gegenteil zu den Ergebnissen von Branco (2005) in dieser Arbeit für PS beobachtet. Die in dieser Arbeit festgestellten tendenziellen, nicht signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bestätigen die Beobachtungen von Höing (2010).

Da nur unauffällige, gesunde Neugeborene untersucht wurden, sollten zukünftige Studien verifizieren, ob der hier nicht vorhandene Einfluss des Geburtsmodus auf die zeitlichen Parameter auch bei beeinträchtigten Säuglingen beobachtet werden kann und die zeitliche Struktur von Lautäußerungen somit nicht in Abhängigkeit vom Geburtsmodus variiert, oder aber, ob tendenzielle Unterschiede bei größerer Stichprobe signifikant werden. Bei auffälligen, beeinträchtigten Neugeborenen würde man erwarten, dass sich deutliche Unterschiede in ihren temporalen Eigenschaften zeigen.

Interessant für zukünftige Studien wäre auch, ob sich der Geburtsmodus auf die temporalen Eigenschaften spontaner Lautäußerungen von gesunden, und insbesondere auch von beeinträchtigten, reifgeborenen Neugeborenen in Abhängigkeit von einer intrauterinen Wachstumsretardierung unterschiedlich auswirkt. Feten mit intrauteriner Wachstumsretardierung werden vermehrt per Sectionem entbunden (Minior & Divon, 1998). Da SGA-Neugeborene durch die intrauterine Wachstumsretardierung bereits neonatal hohem Stress ausgesetzt sind, vermuteten einige Autoren, dass eine vaginale Entbindung und der damit verbundene Geburtsstress im Gegensatz zur elektiven Sectio, von Nachteil



für die perinatale Adaptation sein könnte (Lee & Gould, 2006; Werner et al., 2012). Dies wurde bereits an prätermen Neugeborenen, Neugeborenen mit sehr geringem Geburtsgewicht, oder einer intrauterinen Wachstumsretardierung untersucht. Die Autoren stellten fest, dass das Risiko für die perinatale Mortalität bei einer Vaginal- im Gegensatz zur Sectioge-burt bei prätermen Neugeborenen mit sehr geringem Geburtsgewicht erhöht zu sein scheint (Lee & Gould, 2006; Wylie et al., 2008). Werner (2012) untersuchte an prätermen SGA-Neugeborenen, ob ein Zusammenhang zwischen dem Geburtsmodus und der neonatalen Mortalität, einem Atemnotsyndrom, oder intraventrikulären Blutungen besteht. Auch er bestätigte mit seinen Forschungsergebnissen, dass, im Gegensatz zur vaginalen Entbindung, eine Sectio-Entbindung ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von ARDS darstellt (Werner et al., 2012). Gezer (2005) hingegen konnte in seinen Untersuchungen an SGA- und AGA-Neugeborenen < 33. SSW keinen Vorteil einer Sectioentbindung bei SGA-Neugeborenen im Vergleich zur vaginalen Entbindung feststellen (Gezer et al., 2005). Hier bedarf es weiterer Studien, um die Beobachtungen in der bisherigen Literatur verifizieren zu können und einen Mehrwert für den klinischen Ablauf aufzuzeigen.

#### **4.3 Geschlechtsspezifische Charakteristika der Messgrößen**

Bezüglich der untersuchten Messgrößen zeigten sich keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede der Neugeborenen. Bei gesunden, unauffälligen Neugeborenen haben auch andere Autoren keine Unterschiede bezüglich der Lauteigenschaften in Anhängigkeit vom Geschlecht berichtet (Michelsson et al., 2002).

Dass weibliche Neugeborene einen generellen Vorteil hinsichtlich der neo- und perinatalen Mortalität haben ist bereits bekannt (Hassold et al., 1983; Khoury et al., 1985). Unter anderem wurde das weibliche Geschlecht in Zusammenhang, mit einer verringerten Infektanfälligkeit, verringertem Risiko für ein ARDS (Lauterbach et al., 2001; Perelman et al., 1986) und einer strukturell und funktionell beschleunigten Lungenentwicklung in Verbindung gebracht (Gortner et al., 2013; Naeye et al., 1974). Frühgeburt ist ebenfalls ein Faktor, der vermehrt bei männlichen und weniger oft bei weiblichen Neugeborenen festgestellt wurde (Cooperstock & Campbell, 1996; Ingemarsson, 2003).

Bei intrauteriner Wachstumsretardierung zeigen sich jedoch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der perinatalen Mortalität oder dem vermehrten Vorkommen von Frühgeburtlichkeit, Atemnotsyndrom, intraventrikulärer Blutung, nekrotisierender Enterokolitis und periventrikulärer Leukomalazie (Quiñones et al., 2005). Ein geringeres Geburtsgewicht wird allerdings vermehrt mit dem weiblichen Geschlecht beobachtet (Roy et al., 2014). In weiterführenden Studien wäre es deshalb interessant zu prüfen, ob sich geschlechtsspezifische Unterschiede in den temporalen Charakteristika bei SGA-Neugeborenen zeigen. Besonders interessant wäre die Inklusion beeinträchtigter SGA-Säuglinge, da hier ein stärkerer Effekt erwartet wird. Aufgrund des sehr kleinen Probandenkollektivs wurde der Einfluss der somatischen Reife anhand standardisierter Wachstumskurven in dieser Arbeit nicht in Anhängigkeit vom Geschlecht analysiert.

#### **4.4 Absolute und relative Zeitdauer der einzelnen Intervalle und des gesamten Messintervalls in Abhängigkeit vom Probanden- und Gestationsalter**

Hinsichtlich des Probandenalters ergab sich in den Ergebnissen dieser Arbeit für die meisten Messgrößen kein Zusammenhang. Eine leicht positive Korrelation der Messgrößen mit dem Probandenalter konnte nur für die Inspirationslänge mit einem schwachen Effekt festgestellt werden. Für die ingressive Vokalisation war eine leichte Tendenz für eine längere Dauer mit größerem Probandenalter zu sehen, die sich jedoch als nicht signifikant erwies. Sereschk (2019) beobachtete ebenfalls eine nicht signifikante Tendenz einer positiven Korrelation des Probandenalters und der Inspirationsdauer (Sereschk, 2019). Das Probandenalter scheint anhand der Ergebnisse dieser Arbeit im untersuchten Zeitraum keinen ausgeprägten Effekt auf die absolute und relative Zeitdauer der Messintervalle zu haben. Vermutlich ist die schwache signifikante Korrelation für die Inspirationslänge und die nicht signifikanten Ergebnisse der anderen Messgrößen auf physiologische Reifezustände der hier untersuchten gesunden, unauffälligen Neugeborenen zurückzuführen. Auch Gerber (1985) zeigte in seinen Untersuchungen an gesunden, reifgeborenen Neugeborenen anhand anderer Messgrößen (Verteilung der Amplitude über die Frequenzen in der Terzbandbreitenanalyse), dass das Alter der Neugeborenen in den ersten zweieinhalb Lebenstagen keinen Einfluss auf die spontanen Lautäußerungen hatte (Gerber, 1985). Bei

beeinträchtigten Neugeborenen hingegen würde man aufgrund des schwächeren Allgemeinzustandes mit einem größeren Effekt des Alters rechnen.

In den Ergebnissen dieser Arbeit konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gestationsalter und den Messgrößen festgestellt werden. Bei der Inspirationslänge, der Expirationslänge und dem Messintervall ist eine sehr geringe Tendenz für einen abfallenden Verlauf zu erkennen.

Auch Michelsson (2002) zeigte in ihren Untersuchungen, dass das Gestationsalter bei gesunden, reifgeborenen Neugeborenen keinen Einfluss auf die Dauer der Vokalisationen in den ersten Lebenstagen hatte (Michelsson et al., 2002).

Andere Autoren fanden signifikante Korrelation der Inspirationslänge in Abhängigkeit vom Gestationsalter (Gerhardt & Bancalari, 1981; Sereschk, 2019). Eine mit dem Gestationsalter zunehmende Inspirationslänge konnte in dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Da jedoch die Abhängigkeit vom Gestationsalter generell und nicht differenziert nach der somatischen Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven betrachtet wurde, könnte man vermuten, dass aufgrund der bereits verlängerten Inspirationslänge der SGA-Neugeborenen (siehe 4.1) der Effekt der positiven Korrelation der AGA-Neugeborenen verschleiert wurde. Da SGA-Neugeborene, im Gegensatz zu den bei Frühgeborenen verkürzten Vokalisationen (Cacace et al., 1995; LaGasse et al., 2005), verlängerte Werte für die Zeitdauer der Messgrößen dieser Arbeit zeigten, ist zu vermuten, dass sich bei einer größeren Kohorte von SGA-Neugeborenen und Inklusion auffälliger, beeinträchtigter Neugeborener in die Untersuchungen die hier nur tendenziell sichtbare negative Korrelation deutlicher zeigen könnte. Auch eine größere Spanne des Gestationsalters wäre sinnvoll, um einen direkten Vergleich zur Arbeit von Gerhardt & Bancalari (1981) ziehen zu können, die auch medizinisch unauffällige Frühgeborene in ihre Untersuchungen mit einbezogen (Gerhardt & Bancalari, 1981). Sie beobachteten bei Frühgeborenen eine verkürzte Inspirationsdauer als Reaktion auf einen Atemwegsverschluss. Bei reifgeborenen Neugeborenen war die Inspirationsdauer als Reaktion auf den Atemwegsverschluss hingegen verlängert. Diesen Effekt führten die Autoren auf das unreife Respirationssystem der prätermen Neugeborenen zurück (Gerhardt & Bancalari, 1981).

Hinsichtlich des Probanden- und Gestationsalters existieren nach dem aktuellem Wissenstand keine Untersuchungen zum Einfluss dieser Faktoren auf temporale

Schreicharakteristika in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven. Der Vergleich des probandenaltersabhängigen Entwicklungsprozesses zwischen SGA und AGA und der Einflusses des Gestationsalters auf temporale Charakteristika hinsichtlich der somatischen Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven konnte aufgrund der unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte und aufgrund der kleinen Stichprobe der untersuchten Neugeborenen in dieser Arbeit nicht gezogen und untersucht werden. Dies wäre eine Grundlage für weiterführende Studien mit größerer Stichprobe und standardisierten Kriterien der Aufnahmezeitpunkte, um den viel diskutierte Reifezustand, sowie die Adaptionsfähigkeit von SGA-Neugeborenen in den ersten Lebenstagen und in Abhängigkeit vom Gestationsalter bewerten zu können. Es gilt zu prüfen, ob sich bei Inklusion prätermere Neugeborener, oder auffälliger, beeinträchtigter Neugeborener eine signifikant längere Dauer der Intervalle mit zunehmendem Gestationsalter und im probandenaltersabhängigen Entwicklungsprozess zeigt.

#### **4.5 Einordnung der Ergebnisse und Ausblick**

Durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit konnte festgestellt werden, dass SGA-Neugeborene signifikant längere Messgrößen für die Inspirationslänge, die Expirationslänge, sowie das gesamte Messintervall aufweisen. Dies bestätigte die Vermutung, dass das Vorliegen einer intrauterinen Wachstumsretardierung einen Einfluss auf die temporalen Eigenschaften spontaner Lautäußerungen haben könnte. Bei reifgeborenen, gesunden Neugeborenen resultiert eine intrauterine Wachstumsretardierung scheinbar in einer verbesserten Adaptionsfähigkeit zum Ausgleich der physiologischen Beeinträchtigung. Der Entwicklungsverlauf in Abhängigkeit vom Probandenalter der SGA- und AGA-Neugeborenen konnte aufgrund unterschiedlicher Aufnahmezeitpunkte der untersuchten Neugeborenen (siehe 2.3) nicht analysiert und verglichen werden. Weitere Studien mit einem größeren Probandenkollektiv und standardisierten Aufnahmezeitpunkten sind notwendig, um die festgestellten signifikanten Unterschiede in den temporalen Eigenschaften spontaner Lautäußerungen in Abhängigkeit von der somatischen Reife anhand standardisierter Wachstumskurven auch anhand des Entwicklungsverlaufs beurteilen zu können

Hinsichtlich des Einflusses des Geburtsmodus auf die temporalen Eigenschaften spontaner Lautäußerungen zeigten sich tendenziell längere Zeitwerte für PS. Ob unterschiedliche postnatale Adaptationsvorgänge, bedingt durch den Geburtsmodus, oder, ob die verlängerten Werte in Abhängigkeit von der somatischen Reife der Neugeborenen anhand standardisierter Wachstumskurven für die tendenziell verlängerten temporalen Parameter verantwortlich sind, lässt sich in den Analysen dieser Arbeit nicht abschließend klären. Da sich die Adaptationsvorgänge auf eine kurze Phase unmittelbar nach Entbindung beschränken, wäre ein späterer Untersuchungszeitraum vermutlich besser geeignet, um den Einfluss des Geburtsmodus auf die Lautproduktion der Neugeborenen zu beurteilen.

Ein geschlechtsspezifischer Einfluss wurde nicht beobachtet, sollte aber aufgrund der Hinweise in der bisherigen Literatur auf einen Vorteil in Zusammenhang mit dem weiblichen Geschlecht anhand eines größeren Probandenkollektivs erneut geprüft werden.

Ein limitierender Faktor für die Analysen dieser Arbeit war das kleine Probandenkollektiv. Untersuchung zum Einfluss des Geschlechts, des Geburtsmodus und des Probanden- und Gestationsalters in Abhängigkeit vom Vorliegen einer intrauterinen Wachstumsretardierung waren deshalb nicht möglich. Hierzu sind weitere Studien mit größerer Stichprobe notwendig. Es empfiehlt sich zudem auch auffällige, beeinträchtigte sowie präterme Säuglinge in die Studien zu inkludieren, um alle Faktoren, die Einfluss auf die temporalen Eigenschaften spontaner Lautäußerungen haben könnten, gesondert und in Kombination betrachten und beurteilen zu können.

## 5 Zusammenfassung

Die Zielstellung der vorliegenden Arbeit bestand in der Reflektion möglicher Einflüsse intrauteriner Wachstumsverzögerungen auf die zeitliche Organisation der Vokalisationen von Neugeborenen. Unter der Annahme, dass das Gehirn des Neugeborenen das Schreiverhalten steuert, können die spezifischen Merkmale des Schreiens Aufschluss über die zugrunde liegende neuronale Integrität des Säuglings und eine eventuelle Prädisposition für Sprachanomalien geben.

In dieser Arbeit wurden die temporalen Lauteigenschaften von Neugeborenen in den ersten fünf Lebenstagen untersucht. Zusätzlich wurde, unabhängig von der somatischen Klassifikation anhand standardisierter Wachstumskurven, der gesamte Atemzyklus bezüglich möglicher Einflüsse des Geburtsmodus, des Geschlechts und des Probanden- und Gestationsalters auf die temporalen Eigenschaften untersucht.

Dazu wurden spontane Lautäußerungen von 55 reifgeborenen, gesunden Neugeborenen mit einem Gestationsalter von 36-41 Wochen untersucht. Die spontanen Laute wurden während des klinischen Alltags aufgezeichnet und, im Gegensatz zur bisherigen Literatur, nicht durch Schmerz evoziert. Es wurden ausschließlich gesunde, neurologisch unbeeinträchtigte Neugeborene untersucht, um einen Maskierungseffekt zu vermeiden.

Der gesamte Atemzyklus, bestehend aus ingressiver Vokalisation und dem darauffolgenden, nicht phonierten Intervall und der egressiven Vokalisation und dem darauffolgenden, nicht phonierten, Intervall wurden gesamt und spezifisch für jedes Intervall betrachtet. Insgesamt wurden 1605 Lautaufnahmen, die mit dem Sprachanalyseprogramm PRAAT mithilfe des von Sereschk (2019) im ZVES implementierten PRAAT-Skriptes vermessen wurden, analysiert.

Anhand standardisierter Wachstumskurven des Geburtsgewichtes erfolgte die somatische Klassifikation in SGA und AGA. Die Analysen ergaben signifikant verlängerte Zeitwerte der SGA-Neugeborenen für die Inspirationslänge, die Expirationslänge und das Messintervall. Die hier berichteten Ergebnisse zeigen, dass signifikante Unterschiede bezüglich der Dauer einzelner zeitlicher Intervalle spontaner Vokalisationen zwischen SGA- und AGA-Neugeborenen bestehen. Das Verhältnis zwischen Inspirationslänge und Expirationslänge hingegen erweist sich als robuste Größe, die sich nicht signifikant unterschied.

Ein signifikanter Einfluss des Geburtsmodus auf die zeitliche Organisation von spontanen Lauten konnte in den Analysen auch nicht festgestellt werden. Jedoch waren die Zeitwerte der Messgrößen bei per Sectionem entbundenen Neugeborenen im Vergleich zu Spontangeburt tendenziell erhöht. Auch ein Einfluss des Geschlechts, des Probanden- oder Gestationsalters wurde für die temporalen Charakteristika nicht beobachtet.

Weiterführende Studien der temporalen Parameter spontaner Lautäußerungen sollten mit größerem Datensatz und der Inklusion von auffälligen, beeinträchtigten SGA-Neugeborenen, sowie prätermen Neugeborenen über einen längeren Untersuchungszeitraum erfolgen, um die gezeigten, signifikanten Unterschiede zwischen SGA- und AGA-Neugeborenen zu verifizieren und die potenziellen Einflüsse einer intrauterinen Wachstumsretardierung auf die perinatale Adaptation und die vorsprachliche Entwicklung weiter analysieren zu können.

## 6 Literaturverzeichnis

- Al-Hathlol, K., Idiong, N., Hussain, A., Kwiatkowski, K., Alvaro, R., Weintraub, Z., Cates, D., Rigatto, H. (2000). A study of breathing pattern and ventilation in newborn infants and adult subjects. *Acta Pædiatrica*, 89, 1420-1425.
- Amiel-Tison, C. (1968). Neurological evaluation of the maturity of newborn infants. *Archives of Disease in Childhood*, 43, 89.
- Amiel-Tison, C. (1980). Possible acceleration of neurological maturation following high-risk pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*, 138, 303-306.
- Bada, H. S., Das, A., Bauer, C. R., Shankaran, S., Lester, B. M., Gard, C. C., Wright, L. L., LaGasse, L., Higgins, R. (2005). Low birth weight and preterm births: etiologic fraction attributable to prenatal drug exposure. *Journal of Perinatology*, 25, 631-637.
- Behrman, R. E., Koops, B. L., Morgan, L. J., Battaglia, F. C. (1982). Neonatal mortality risk in relation to birth weight and gestational age: update. *The Journal of Pediatrics*, 101, 969-977.
- Boersma, P., Weenink, D. (2014). Praat, University of Amsterdam: Institute of Phonetic Sciences.
- Boliek, C. A., Hixon, T. J., Watson, P. J., Morgan, W. J. (1996). Vocalization and breathing during the first year of life. *Journal of Voice*, 10, 1-22.
- Borszcz, G. S. (2006). Contribution of the ventromedial hypothalamus to generation of the affective dimension of pain. *Pain*, 123, 155-168.
- Braems, G., Han, V., Challis, J. (1998). Gestational age-dependent changes in the levels of mRNAs encoding cortisol biosynthetic enzymes and IGF-II in the adrenal gland of fetal sheep during prolonged hypoxemia. *Journal of endocrinology*, 159, 257-264.
- Braems, G. A., Yao, L.-J., Inchley, K., Brickenden, A., Han, V. K., Grolla, A., Challis, J. R., Possmayer, F. (2000). Ovine surfactant protein cDNAs: use in studies on fetal lung growth and maturation after prolonged hypoxemia. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 278, L754-L764.
- Branco, A., Behlau, M., Rehder, M. I. (2005). The neonate cry after cesarean section and vaginal delivery during the first minutes of life. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 69, 681-689.



- Cacace, A. T., Robb, M. P., Saxman, J. H., Risemberg, H., Koltai, P. (1995). Acoustic features of normal-hearing pre-term infant cry. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 33, 213-224.
- Chauhan, S. P., Beydoun, H., Chang, E., Sandlin, A. T., Dahlke, J. D., Igwe, E., Magann, E. F., Anderson, K. R., Abuhamad, A. Z., Ananth, C. V. (2014). Prenatal detection of fetal growth restriction in newborns classified as small for gestational age: correlates and risk of neonatal morbidity. *American journal of perinatology*, 31, 187-194.
- Chiswick, M. L., Milner, R. (1976). Crying vital capacity. Measurement of neonatal lung function. *Archives of Disease in Childhood*, 51, 22-27.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge.
- Cooperstock, M., Campbell, J. (1996). Excess males in preterm birth: interactions with gestational age, race, and multiple birth. *Obstetrics & Gynecology*, 88, 189-193.
- Cox, E., Hodge, C., Sheikh, M., Abramowitz, A., Jones, G., Jamieson-Drake, A., Makam, P., Zeskind, P., Johns, J. (2012). Delayed developmental changes in neonatal vocalizations correlates with variations in ventral medial hypothalamus and central amygdala development in the rodent infant: effects of prenatal cocaine. *Behavioural brain research*, 235, 166-175.
- Emde, R., Gaensbauer, T. (1981). Some emerging models of emotion in human infancy. *Behavioral development*, 568, 588.
- Faxelius, G., Hägnevik, K., Lagercrantz, H., Lundell, B., Irestedt, L. (1983). Catecholamine surge and lung function after delivery. *Archives of Disease in Childhood*, 58, 262-266.
- Fitzhardinge, P. M., Steven, E. M. (1972). The small-for-date infant. II. Neurological and intellectual sequelae. *Pediatrics*, 50, 50-57.
- Fogelson, N. S., Menard, M. K., Hulsey, T., Ebeling, M. (2005). Neonatal impact of elective repeat cesarean delivery at term: A comment on patient choice cesarean delivery. *American journal of obstetrics and gynecology*, 192, 1433-1436.
- Friese, K., Plath, C., Briese, V. (2013). *Frühgeburt und Frühgeborenes: eine interdisziplinäre Aufgabe*: Springer-Verlag.

- Furlow, F. B. (1997). Human neonatal cry quality as an honest signal of fitness. *Evolution and Human Behavior*, 18, 175-193.
- Gagnon, R., Challis, J., Johnston, L., Fraher, L. (1994). Fetal endocrine responses to chronic placental embolization in the late-gestation ovine fetus. *American journal of obstetrics and gynecology*, 170, 929-938.
- Gagnon, R., Langridge, J., Inchley, K., Murotsuki, J., Possmayer, F. (1999). Changes in surfactant-associated protein mRNA profile in growth-restricted fetal sheep. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 276, L459-L465.
- Gerber, S. E. (1985). Acoustical analyses of neonates' vocalizations. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 10, 1-8.
- Gerhardt, T., Bancalari, E. (1981). Maturation changes of reflexes influencing inspiratory timing in newborns. *Journal of Applied Physiology*, 50, 1282-1285.
- Gezer, A., Simsek, Y. Ö., Gani, H. (2005). Elective cesarean section for preterm intrauterine growth retarded fetuses. *International journal of gynaecology and obstetrics*, 88, 138-139.
- Gilbert, W. M., Danielsen, B. (2003). Pregnancy outcomes associated with intrauterine growth restriction. *American journal of obstetrics and gynecology*, 188, 1596-1601.
- Gluck, L., Kulovich, M. V. (1973). Lecithin/sphingomyelin ratios in amniotic fluid in normal and abnormal pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*, 115, 539-546.
- Gortner, L., Shen, J., Tutdibi, E. (2013). Sexual Dimorphism of Neonatal Lung Development. *Klinische Pädiatrie*, 225, 64-69.
- Gortner, L., Wauer, R. R., Stock, G. J., Reiter, H. L., Reiss, I., Jorch, G., Hentschel, R., Hieronimi, G. (1999). Neonatal outcome in small for gestational age infants: do they really better? *Journal of perinatal medicine*, 27, 484-489.
- Gould, J. B., Gluck, L., Kulovich, M. V. (1977). The relationship between accelerated pulmonary maturity and accelerated neurological maturity in certain chronically stressed pregnancies. *American journal of obstetrics and gynecology*, 127, 181-186.
- Grau, S. M., Robb, M. P., Cacace, A. T. (1995). Acoustic correlates of inspiratory phonation during infant cry. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 38, 373-381.

- Hales, K., Morgan, M., Thurnau, G. (1993). Influence of labor and route of delivery on the frequency of respiratory morbidity in term neonates. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, 43, 35-40.
- Hansen, A. K., Wisborg, K., Uldbjerg, N., Henriksen, T. B. (2007). Elective caesarean section and respiratory morbidity in the term and near-term neonate. *Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica*, 86, 389-394.
- Hansen, A. K., Wisborg, K., Uldbjerg, N., Henriksen, T. B. (2008). Risk of respiratory morbidity in term infants delivered by elective caesarean section: cohort study. *British medical journal*, 336, 85-87.
- Harding, R., Tester, M., Moss, T., Davey, M., Louey, S., Joyce, B., Hooper, S., Maritz, G. (2000). Effects Of Intra-Uterine Growth Restriction On The Control Of Breathing And Lung Development After Birth. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 27, 114-119.
- Hassold, T., Quillen, S., Yamane, J. (1983). Sex ratio in spontaneous abortions. *Annals of Human Genetics*, 47, 39-47.
- Hendrix, N., Berghella, V. (2008). Non-placental causes of intrauterine growth restriction. *Seminars in perinatology*, 32, 161-165.
- Hirschberg, J. (1980). Acoustic analysis of pathological cries, stridors and coughing sounds in infancy. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 2, 287-300.
- Höing, S. (2010). *Charakterisierung akustischer Eigenschaften des spontanen Neugeborenenenschreis in den ersten drei Lebenstagen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus*. (Dissertation). Medizinische Fakultät, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg,
- Hokken-Koelega, A., De Ridder, M., Lemmen, R., Den Hartog, H., Keizer-Schrama, S. D. M., Drop, S. (1995). Children born small for gestational age: do they catch up? *Pediatric Research*, 38, 267-271.
- Hopkins, B. (2000). Development of crying in normal infants: method, theory and some speculations. *Crying as a sign, a symptom, and a signal: clinical, emotional and developmental aspects of infant and toddler crying*, 146-148.
- Ingemarsson, I. (2003). Gender aspects of preterm birth. *BJOG: an international journal of obstetrics and gynaecology*, 110, 34-38.

- Irestedt, L., Lagercrantz, H., Hjemdahl, P., Hagnevik, K., Belfrage, P. (1982). Fetal and maternal plasma catecholamine levels at elective cesarean section under general or epidural anesthesia versus vaginal delivery. *American journal of obstetrics and gynecology*, 142, 1004-1010.
- Jain, L., Dudell, G. G. (2006). Respiratory transition in infants delivered by cesarean section. *Seminars in perinatology*, 30, 296-304.
- Johnston, C. C., Stevens, B., Craig, K. D., Grunau, R. V. (1993). Developmental changes in pain expression in premature, full-term, two-and four-month-old infants. *Pain*, 52, 201-208.
- Joyce, B. J., Louey, S., Davey, M. G., Cock, M. L., Hooper, S. B., Harding, R. (2001). Compromised Respiratory Function in Postnatal Lambs after Placental Insufficiency and Intrauterine Growth Restriction. *Pediatric Research*, 50, 641-649.
- Jürgens, U. (2002). Neural pathways underlying vocal control. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 26, 235-258.
- Jürgens, U., Ploog, D. (1970). Cerebral representation of vocalization in the squirrel monkey. *Experimental Brain Research*, 10, 532-554.
- Karlberg, J., Albertsson-Wikland, K. (1995). Growth in full-term small-for-gestational-age infants: from birth to final height. *Pediatric Research*, 38, 733-739.
- Khoury, M. J., Marks, J. S., McCarthy, B. J., Zaro, S. M. (1985). Factors affecting the sex differential in neonatal mortality: the role of respiratory distress syndrome. *American journal of obstetrics and gynecology*, 151, 777-782.
- Kono, Y., Mishina, J., Takamura, T., Hara, H., Sakuma, I., Kusuda, S., Nishida, H. (2007). Impact of being small-for-gestational age on survival and long-term outcome of extremely premature infants born at 23–27 weeks' gestation. *Journal of perinatal medicine*, 35, 447-454.
- Kulovich, M. V., Gluck, L. (1979). The lung profile. II. Complicated pregnancy. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, 135, 64-70.
- LaGasse, L. L., Neal, A. R., Lester, B. M. (2005). Assessment of infant cry: acoustic cry analysis and parental perception. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews*, 11, 83-93.
- Lang, U., Baker, R. S., Khoury, J., Clark, K. E. (2000). Effects of chronic reduction in uterine blood flow on fetal and placental growth in the sheep. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 279, R53-R59.

- Langlois, A., Baken, R., Wilder, C. (1980). Pre-speech respiratory behavior during the first year of life. *Infant communication: Cry and early speech*, 56-84.
- Larson, C. R. (1991). On the relation of PAG neurons to laryngeal and respiratory muscles during vocalization in the monkey. *Brain research*, 552, 77-86.
- Lauterbach, M. D., Raz, S., Sander, C. J. (2001). Neonatal hypoxic risk in preterm birth infants: the influence of sex and severity of respiratory distress on cognitive recovery. *Neuropsychology*, 15, 411.
- Lee, H. C., Gould, J. B. (2006). Survival rates and mode of delivery for vertex preterm neonates according to small-or appropriate-for-gestational-age status. *Pediatrics*, 118, e1836-e1844.
- Lester, B. M. (1987). Developmental Outcome Prediction From Acoustic Cry Analysis in Term and Preterm Infants. *Pediatrics*, 80, 529-534.
- Ley, D., Wide-Swensson, D., Lindroth, M., Svenningsen, N., Marsal, K. (1997). Respiratory distress syndrome in infants with impaired intrauterine growth. *Acta Pædiatrica*, 86, 1090-1096.
- Lieberman, P. (1985). The physiology of cry and speech in relation to linguistic behavior. In *Infant crying* (pp. 29-57): Springer.
- Lubchenco, L. O., Searls, D., Brazie, J. (1972). Neonatal mortality rate: relationship to birth weight and gestational age. *The Journal of Pediatrics*, 81, 814-822.
- Maccari, S., Darnaudery, M., Morley-Fletcher, S., Zuena, A., Cinque, C., Van Reeth, O. (2003). Prenatal stress and long-term consequences: implications of glucocorticoid hormones. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 27, 119-127.
- Maclarnon, A., Hewitt, G. (2004). Increased breathing control: Another factor in the evolution of human language. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 13, 181-197.
- MacLean, P. D. (2019). The midline frontolimbic cortex and the evolution of crying and laughter. In *The frontal lobes revisited* (pp. 121-140): Psychology Press.
- Makóí, Z., Kiss, P., Popper, P., Schmideg, I. (1974). Causes of crying in the newborn infant and early infancy. *Acta paediatrica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 15, 225-232.

- Makoi, Z., Takacs, G. (2012). Analysis of the First Cry of the Newborns in Case of Vaginal Delivery and Caesarean Section. *IFAC Proceedings Volumes*, 45, 478-483.
- Maloney, J. E., Bowes, G., Brodecky, V., Dennett, X., Wilkinson, M., Walker, A. (1982). Function of the future respiratory system in the growth retarded fetal sheep. *Journal of developmental physiology*, 4, 279-297.
- Michelsson, K. (1971). Cry analyses of symptomless low birth weight neonates and of asphyxiated newborn infants. *Acta Pædiatrica*, 60, 9-45.
- Michelsson, K., Eklund, K., Leppänen, P., Lyytinen, H. (2002). Cry characteristics of 172 healthy 1-to 7-day-old infants. *Folia phoniatrica et logopaedica*, 54, 190-200.
- Michelsson, K., Järvenpää, A., Rinne, A. (1983). Sound spectrographic analysis of pain cry in preterm infants. *Early human development*, 8, 141-149.
- Michelsson, K., Michelsson, O. (1999). Phonation in the newborn, infant cry. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 49, S297-S301.
- Michelsson, K., Raes, J., Rinne, A. (1984). Cry score: An aid in infant diagnosis. *Folia phoniatrica*, 36, 219-224.
- Michelsson, K., Raes, J., Thodén, C.-J., Wasz-Hockert, O. (1982). Sound spectrographic cry analysis in neonatal diagnostics. An evaluative study. *Journal of phonetics*, 10, 79-88.
- Minior, V. K., Divon, M. Y. (1998). Fetal growth restriction at term: myth or reality? *Obstetrics & Gynecology*, 92, 57-60.
- Mullis, P.-E., Tonella, P. (2008). Regulation of fetal growth: Consequences and impact of being born small. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 22, 173-190.
- Murry, T. (1980). Acoustic and perceptual characteristics of infant cries. *Infant communication: Cry and early speech*, 251-271.
- Myers, R. (1969). Neurology of social communication in primates. *CR Carpenter (Ed.) Neurology, Physiology and Infectious Diseases, Basel and New York (S. Karger) 1969, pp. 1-9.*
- Naeye, R. L., Freeman, R. K., Blanc, W. A. (1974). Nutrition, sex, and fetal lung maturation. *Pediatric Research*, 8, 200-204.

- Neligan, G. A., Kolvin, I., Scott, D., Garside, R. F. (1976). *Born too soon or born too small* (Vol. 61): Cambridge University Press.
- Newman, J. D. (2007). Neural circuits underlying crying and cry responding in mammals. *Behavioural brain research*, 182, 155-165.
- Nicolaides, K. H., Economides, D. L., Soothill, P. W. (1989). Blood gases, pH, and lactate in appropriate- and small-for-gestational-age fetuses. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 161, 996-1001.
- Oka, T., Tsumori, T., Yokota, S., Yasui, Y. (2008). Neuroanatomical and neurochemical organization of projections from the central amygdaloid nucleus to the nucleus retroambiguus via the periaqueductal gray in the rat. *Neuroscience research*, 62, 286-298.
- Pena, I. C., Teberg, A. J., Finello, K. M. (1988). The premature small-for-gestational-age infant during the first year of life: Comparison by birth weight and gestational age. *The Journal of Pediatrics*, 113, 1066-1073.
- Perelman, R. H., Palta, M., Kirby, R., Farrell, P. M. (1986). Discordance between male and female deaths due to the respiratory distress syndrome. *Pediatrics*, 78, 238-242.
- Quiñones, J. N., Stamilio, D. M., Coassolo, K. M., Macones, G. A., Odibo, A. O. (2005). Is fetal gender associated with adverse perinatal outcome in intrauterine growth restriction (IUGR)? *American journal of obstetrics and gynecology*, 193, 1233-1237.
- Reis, F. J., Cates, D. B., Landriault, L. V., Rigatto, H. (1994). Diaphragmatic activity and ventilation in preterm infants. *Neonatology*, 65, 16-24.
- Rigatto, H. (1995). Control of breathing during sleep in the fetus and neonate. *Principles and practice of sleep medicine in the child*. Philadelphia: WB Saunders Co, 29-43.
- Risse, K. (2011). *Schreieigenschaften SGA-Neugeborener in den ersten beiden Lebenswochen*. (Dissertation). Medizinische Fakultät, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg,
- Robb, M. P., Sinton-White, H., Kaipa, R. (2011). Acoustic estimates of respiration in the pain cries of newborns. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 75, 1265-1270.
- Robb, M. P., Yavarzadeh, F., Schluter, P. J., Voit, V., Shehata-Dieler, W., Wermke, K. (2020). Laryngeal constriction phenomena in infant vocalizations. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63, 49-58.

- Robinson, B. W. (1967). Vocalization evoked from forebrain in *Macaca mulatta*. *Physiology & Behavior*, 2, 345-354.
- Romo, A., Carceller, R., Tobajas, J. (2009). Intrauterine growth retardation (IUGR): epidemiology and etiology. *Pediatric Endocrinology Journal*, 6, 332-336.
- Roy, P., Kumar, A., Kaur, I. R., Faridi, M. M. (2014). Gender differences in outcomes of low birth weight and preterm neonates: the male disadvantage. *Journal of tropical pediatrics*, 60, 480-481.
- Schulz, G. M., Varga, M., Jeffires, K., Ludlow, C. L., Braun, A. R. (2005). Functional Neuroanatomy of Human Vocalization: An H215O PET Study. *Cerebral Cortex*, 15, 1835-1847.
- Sereschk, N. (2019). *Temporale Eigenschaften ingressiver und egressiver Phonationsleistungen gesunder Neugeborener*. (Dissertation). Medizinische Fakultät, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg,
- Sharma, P., McKay, K., Rosenkrantz, T., Hussain, N. (2004). Comparisons of mortality and pre-discharge respiratory outcomes in small-for-gestational-age and appropriate-for-gestational-age premature infants. *BMC Pediatrics*, 4.
- Shinya, Y., Kawai, M., Niwa, F., Myowa-Yamakoshi, M. (2014). Preterm birth is associated with an increased fundamental frequency of spontaneous crying in human infants at term-equivalent age. *Biology Letters*, 10, 20140350.
- Soltis, J. (2004). The signal functions of early infant crying. *Behavioral and Brain Sciences*, 27, 443-458.
- Stark, R. E., Rose, S. N., McLagen, M. (1975). Features of infant sounds: The first eight weeks of life. *Journal of Child Language*, 2, 205-221.
- Suhag, A., Berghella, V. (2013). Intrauterine growth restriction (IUGR): etiology and diagnosis. *Current Obstetrics and Gynecology Reports*, 2, 102-111.
- Tanner, J. (1994). Growth from birth to two: a critical review. *Acta medica auxologica*, 26, 1-51.
- Taylor, A., Fisk, N. M., Glover, V. (2000). Mode of delivery and subsequent stress response. *The Lancet*, 355, 120.



- te Pas, A. B., Wong, C., Kamlin, C. O. F., Dawson, J. A., Morley, C. J., Davis, P. G. (2009). Breathing patterns in preterm and term infants immediately after birth. *Pediatric Research*, 65, 352-356.
- Thodén, C.-J., Järvenpää, A.-L., Michelsson, K. (1985). Sound spectrographic cry analysis of pain cry in prematures. In *Infant Crying* (pp. 105-117): Springer.
- Thoden, C. J., Koivisto, M. (1980). Acoustic analysis of the normal pain cry. *Infant communication: Cry and early speech*, 124-151.
- Truby, H. M., Lind, J. (1965). CRY SOUNDS OF THE NEWBORN INFANT 1, 2. *Acta Pædiatrica*, 54, 8-59.
- Voigt, M., Rochow, N., Schneider, K., Hagenah, H., Scholz, R., Hesse, V., Wittwer-Backofen, U., Straube, S., Olbertz, D. (2014). Neue Perzentilwerte für die Körpermaße Neugeborener Einlinge: Ergebnisse der deutschen Perinatalerhebung der Jahre 2007–2011 unter Beteiligung aller 16 Bundesländer. *Zeitschrift für Geburtshilfe und Neonatologie*, 218, 210-217.
- Voigt, M., Schneider, K., Jährig, K. (1996). Analyse des Geburtsgutes des Jahrgangs 1992 der Bundesrepublik Deutschland. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde*, 56, 550-558.
- Voigt, M., Zwahr, C., Schneider, K., Friese, K., Hesse, V., Golletz, K. (2000). Analyse des Geburtsgutes des Jahrgangs 1992 der Bundesrepublik Deutschland, 4. Mitteilung. Die Klassifikation von Neugeborenen unter Berücksichtigung von Gestationsdauer und Geburtsgewicht als Voraussetzung für eine kritische Analyse der Kinder bis 2499 g. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde*, 60, 90-94.
- Vyas, H., Milner, A., Hopkins, I. (1981). Intrathoracic pressure and volume changes during the spontaneous onset of respiration in babies born by cesarean section and by vaginal delivery. *The Journal of Pediatrics*, 99, 787-791.
- Wasz-Hockert, O. (1968). The infant cry: A spectrographic and auditory analysis. *Clinics in developmental medicine*, 1-42.
- Wasz-Höckert, O., Michelsson, K., Lind, J. (1985). Twenty-Five Years of Scandinavian Cry Research. In (pp. 83-104): Springer US.
- Wermke, K. (2002). *Untersuchung der Melodieentwicklung im Säuglingsschrei von monozygoten Zwillingen in den ersten 5 Lebensmonaten*. (Habilitationsschrift). Humboldt-Universität, Berlin.
- Wermke, K., Haschemi, A. A., Hesse, V., Robb, M. P. (2018). Inspiratory phonation in baby voice. *Journal of Voice*, 32, 185-191.

- Wermke, K., Mende, W. (1994). Ontogenetic development of infant cry-and non-cry vocalizations as early stages of speech abilities. Paper presented at the Proceedings of the 3rd congress of the ICPLA, 09.-11.8.1993, Helsinki, Finland.
- Wermke, K., Ruan, Y., Feng, Y., Dobnig, D., Stephan, S., Wermke, P., Ma, L., Chang, H., Liu, Y., Hesse, V. (2017). Fundamental frequency variation in crying of Mandarin and German neonates. *Journal of Voice*, 31, 255-e225.
- Wermke, K., Sereschk, N., May, V., Salinger, V., Sanchez, M. R., Shehata-Dieler, W., Wirbelauer, J. (2019). The vocalist in the crib: The flexibility of respiratory behaviour during crying in healthy neonates. *Journal of Voice*, S0892-1997, 3012-3014.
- Werner, E. F., Savitz, D. A., Janevic, T. M., Ehsanipoor, R. M., Thung, S. F., Funai, E. F., Lipkind, H. S. (2012). Mode of Delivery and Neonatal Outcomes in Preterm, Small-for-Gestational-Age Newborns. *Obstetrics & Gynecology*, 120, 560-564.
- Wilcox, A. J., Skjaerven, R. (1992). Birth weight and perinatal mortality: the effect of gestational age. *American Journal of Public Health*, 82, 378-382.
- Wilder, C., Baken, R. (1978). Some developmental aspects of infant cry. *The Journal of genetic psychology*, 132, 225-230.
- Wollmann, H. A. (1998). Intrauterine growth restriction: definition and etiology. *Hormone Research in Paediatrics*, 49, 1-6.
- Wylie, B. J., Davidson, L. L., Batra, M., Reed, S. D. (2008). Method of delivery and neonatal outcome in very low-birthweight vertex-presenting fetuses. *American journal of obstetrics and gynecology*, 198, 640. e641-640. e647.
- Zeifman, D. M. (2001). An ethological analysis of human infant crying: answering Tinbergen's four questions. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 39, 265-285.
- Zeitlin, J., Ancel, P., Saurel-Cubizolles, M., Papiernik, E. (2000). The relationship between intrauterine growth restriction and preterm delivery: an empirical approach using data from a European case-control study. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 107, 750-758.
- Zeitlin, J., El Ayoubi, M., Jarreau, P.-H., Draper, E. S., Blondel, B., Künzel, W., Cuttini, M., Kaminski, M., Gortner, L., Van Reempts, P., Kollée, L., Papiernik, E. (2010). Impact of Fetal Growth Restriction on Mortality and Morbidity in a Very Preterm Birth Cohort. *The Journal of Pediatrics*, 157, 733-739.e731.

## LITERATURVERZEICHNIS

Zeskind, P. S., Lester, B. M. (1978). Acoustic features and auditory perceptions of the cries of newborns with prenatal and perinatal complications. *Child Development*, 580-589.

Zeskind, P. S., Lester, B. M. (1981). Analysis of cry features in newborns with differential fetal growth. *Child Development*, 207-212.

## I Abkürzungsverzeichnis

AGA	appropriate for gestational age
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
BERA	brainstem evoked response audiometry
CVC	Crying vital capacity
E	Einzel-signal=egressive Vokalisation
E'	Expirationslänge
E-I	nicht phoniertes Intervall zwischen dem Ende der phonierten Expiration und der darauffolgenden erneuten Inspiration
FRC	funktionelle Reservekapazität
I	ingressive Vokalisation
I'	Inspirationslänge
I'/E'	Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge
I'/E'/L_ges	Längennormierter Quotient
I2	auf das Messintervall folgende Inspiration
I-E	nicht phoniertes Intervall zwischen dem Ende von I und dem Beginn der phonierten Expiration
L_Ges	Messintervall
LGA	large-for-gestational-age
PS	primäre Sectio caesaria
SGA	small for gestational age, small for gestational age
SS	sekundäre Sectio caesaria
TSH	Thyroidea-stimulierendes Hormon
VAG	Spontangeburt
vSSW	vollendete Schwangerschaftswochen
ZNS	zentrales Nervensystem
ZVES	Zentrum für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen



## II **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1:	Perzentilkurven des gestationsaltersabhängigen Geburtsgewichts der Mädchen (links) und Jungen (rechts) .....	11
Abbildung 2:	Schematische Darstellung eines Messintervalls .....	16
Abbildung 3:	PRAAT-Display der Analyse eines Messintervalls mit Textgrid und Cursorsetzung zur Begrenzung der Teilintervalle. ....	18
Abbildung 4:	Histogramm: Verteilung der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen .....	22
Abbildung 5:	Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich.....	24
Abbildung 6:	Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus.....	25
Abbildung 7:	Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation .....	27
Abbildung 8:	Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW).....	28
Abbildung 9:	Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt .....	29

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 10:	Histogramm: Verteilung der mittleren Dauer der ingressiven Vokalisationen (I) der Neugeborenen auf Signalebene.....	31
Abbildung 11:	Histogramm: Verteilung der mittleren Inspirationslänge (I') der Neugeborenen .....	33
Abbildung 12:	Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Inspirationslänge (I') der Neugeborenen im Geschlechtervergleich.....	34
Abbildung 13:	Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Inspirationslänge (I') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	35
Abbildung 14:	Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	37
Abbildung 15:	Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Inspirationslänge (I') der Neugeborenen in Abgängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW).....	38
Abbildung 16:	Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Inspirationslänge (I') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt .....	39
Abbildung 17:	Histogramm: Verteilung der Inspirationslänge (I') der Neugeborenen auf Signalebene .....	41
Abbildung 18:	Histogramm: Verteilung der mittleren Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen .....	43
Abbildung 19:	Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich.....	45

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 20: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	46
Abbildung 21: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	48
Abbildung 22: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW).....	49
Abbildung 23: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Neugeborenenalter zum Aufnahmezeitpunkt .....	50
Abbildung 24: Verteilung der Einzelsignallänge (E) der Neugeborenen auf Signalebene .....	51
Abbildung 25: Verteilung der mittleren Expirationslänge (E') der Neugeborenen .....	53
Abbildung 26: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Expirationslänge (E') der Neugeborenen im Geschlechtervergleich.....	54
Abbildung 27: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Expirationslänge (E') der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	55
Abbildung 28: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Expirationslänge (E') in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	57



ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 29: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) der Neugeborenen in Abgangigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW).....	58
Abbildung 30: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Expirationslange ( $E'$ ) der Neugeborenen in Abhangigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt .....	59
Abbildung 31: Histogramm: Verteilung der Expirationslange ( $E'$ ) der Neugeborenen auf Signalebene .....	61
Abbildung 32: Histogramm: Verteilung der mittleren Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen .....	62
Abbildung 33: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich.....	64
Abbildung 34: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen in Abhangigkeit vom Geburtsmodus .....	65
Abbildung 35: Boxplot: Verteilungseigenschaften der mittleren Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen in Abhangigkeit von der somatischen Reife .....	67
Abbildung 36: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen in Abhangigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW).....	68
Abbildung 37: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlere Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen in Abhangigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt .....	69

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 38: Histogramm: Verteilung der Dauer der Messintervalle ( $L_{ges}$ ) der Neugeborenen auf Signalebene ..... 70
- Abbildung 39: Histogramm: Verteilung für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen..... 72
- Abbildung 40: Boxplot: Verteilungseigenschaften für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich..... 73
- Abbildung 41: Boxplot: Verteilungseigenschaften für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus ..... 75
- Abbildung 42: Boxplot: Verteilungseigenschaften für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit von der somatischen Reife ..... 76
- Abbildung 43: Streu-Punkt-Diagramm: Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt ( $vSSW$ )..... 77
- Abbildung 44: Streu-Punkt-Diagramm: Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt ..... 79
- Abbildung 45: Histogramm: Verteilung des Verhältnisses von Inspirationslänge zu Expirationslänge ( $I'/E'$ ) der Neugeborenen auf Signalebene . 80
- Abbildung 46: Histogramm: Verteilung des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L_{ges}$ ) der Neugeborenen..... 82

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 47: Boxplot: Verteilungseigenschaften des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen im Geschlechtervergleich.....	83
Abbildung 48: Boxplot: Verteilungseigenschaften des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	85
Abbildung 49: Boxplot: Verteilungseigenschaften des mittleren längennormierten Quotienten ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit von der somatischen Reife .....	86
Abbildung 50: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Gestationsalter zur Geburt (vSSW).....	87
Abbildung 51: Streu-Punkt-Diagramm: Mittlerer längennormierter Quotient ( $I'/E'/L\_ges$ ) der Neugeborenen in Abhängigkeit vom Alter zum Aufnahmezeitpunkt .....	88
Abbildung 52: Histogramm: Verteilung der Dauer der Messintervalle ( $L\_ges$ ) der Neugeborenen auf Signalebene .....	90

### III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einschlusskriterien für die vorliegende Analyse .....	9
Tabelle 2:	Neugeborenenkollektiv.....	10
Tabelle 3:	Übersicht des Neugeborenenkollektivs .....	12
Tabelle 4:	Erklärung der für die Analysen verwendeten und berechneten Größen.....	15
Tabelle 5:	Ergebnis der Reliabilitätsprüfung durch Messwiederholung.....	19
Tabelle 6:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) [N=55].....	22
Tabelle 7:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Geschlecht .....	23
Tabelle 8:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus.....	25
Tabelle 9:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der ingressiven Vokalisation (I) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation .....	26
Tabelle 10:	Deskriptive Statistik der Dauer der ingressiven Vokalisation (I) auf Signalebene (Messintervall) [N=1308] .....	30
Tabelle 11:	Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge (I') [N=55] .	32
Tabelle 12:	Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge (I') in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	33

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 13:	Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge ( $I'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	35
Tabelle 14:	Deskriptive Statistik für die mittlere Inspirationslänge ( $I'$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation .....	36
Tabelle 15:	Deskriptive Statistik für die Inspirationslänge ( $I'$ ) auf Signalebene (Messintervall) [N=1303] .....	40
Tabelle 16:	Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) [N=55]	42
Tabelle 17:	Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	44
Tabelle 18:	Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	46
Tabelle 19:	Deskriptive Statistik für die mittlere Einzelsignallänge (E) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation .....	47
Tabelle 20:	Deskriptive Statistik der Einzelsignallänge (E) auf Signalebene [N=1570] .....	51
Tabelle 21:	Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) [N=54] .....	52
Tabelle 22:	Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	53
Tabelle 23:	Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	55
Tabelle 24:	Deskriptive Statistik für die mittlere Expirationslänge ( $E'$ ) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation .....	56

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 25:	Deskriptive Statistik der Expirationslänge (E') auf Signalebene (Messintervall) [N=1395] .....	60
Tabelle 26:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) [N=54] .....	62
Tabelle 27:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	63
Tabelle 28:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	65
Tabelle 29:	Deskriptive Statistik für die mittlere Dauer der Messintervalle (L_ges) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation.....	66
Tabelle 30:	Deskriptive Statistik der Dauer der Messintervalle (L_ges) auf Signalebene [N=1231] .....	70
Tabelle 31:	Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') [N=52].....	71
Tabelle 32:	Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') in Abhängigkeit vom Geschlecht .....	73
Tabelle 33:	Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	74
Tabelle 34:	Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation .....	76
Tabelle 35:	Deskriptive Statistik für das Verhältnis von Inspirationslänge zu Expirationslänge (I'/E') auf Signalebene [N=1229].....	80

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 36:	Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L_ges) [N=52] .....	81
Tabelle 37:	Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L_ges) in Abhängigkeit vom Geschlecht.....	83
Tabelle 38:	Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L_ges) in Abhängigkeit vom Geburtsmodus .....	84
Tabelle 39:	Deskriptive Statistik des mittleren längennormierten Quotienten (I'/E'/L_ges) in Abhängigkeit von der somatischen Klassifikation.	86
Tabelle 40:	Deskriptive Statistik des längennormierten Quotienten (I'/E'/L_ges) auf Signalebene [N=1249] .....	89

## IV Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Professorin Dr. Kathleen Wermke, Leiterin des Zentrums für vorsprachliche Entwicklung und Entwicklungsstörungen (ZVES) an der Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Würzburg, für die Überlassung des Promotions-themas und für ihre professionelle Unterstützung, herzliche Betreuung und Motivation bei der Durchführung meiner Promotion.

Bei Herrn Professor Dr. Johannes Wirbelauer möchte ich mich herzlich für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Promotion bedanken.

Herrn Peter Wermke gilt mein großer Dank für seine freundliche Unterstützung bei allen technischen Anliegen und besonders für die Bereitstellung der von ihm entwickelten Analysesoftware CDAP und seine Hilfestellung bei der Erstellung der Datentabellen und der Verwaltung der Daten im Archiv des ZVES.

Ganz besonders Danken möchte ich auch meiner Familie und meinem Mann für ihre Unterstützung in allen Lebenslagen und die Motivation zur Fertigstellung meiner Promotion.