

Frühe Wortsegmentierung
im monolingualen und bilingualen Spracherwerb:
Behaviorale und neurophysiologische Untersuchungen mit
9 Monate alten Säuglingen

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor philosophiae (Dr. phil.)

eingereicht an der
Humanwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Potsdam

von
Annika Unger
geboren am 18.11.1985

Dezember 2022

Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist dieses Werk unter einem Creative-Commons-Lizenzvertrag Namensnennung 4.0 lizenziert.

Dies gilt nicht für Zitate und Werke, die aufgrund einer anderen Erlaubnis genutzt werden. Um die Bedingungen der Lizenz einzusehen, folgen Sie bitte dem Hyperlink:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Betreuerin: Prof. Dr. Barbara Höhle

1. Gutachterin: Prof. Dr. Barbara Höhle
2. Gutachterin: Prof. Dr. Nicole Altvater-Mackensen

Datum der Einreichung: 05.12.2022
Datum der Verteidigung: 09.03.2023

Online veröffentlicht auf dem
Publikationsserver der Universität Potsdam:
<https://doi.org/10.25932/publishup-58297>
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-582970>

Urheberrechtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Annika Unger, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne Hilfe Dritter verfasst habe. Bei der Abfassung der Arbeit wurden alle Regelungen guter wissenschaftlicher Standards eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich diese Arbeit ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe.

Berlin, 04.12.2022

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Wortgrenzenmarkierung im kindlichen Spracherwerb	2
1.2 Frühe Wortsegmentierung	6
1.2.1 Wortsegmentierungsfähigkeiten monolingualer Säuglinge.....	6
1.2.1.1 Monosyllabische Segmentierung.....	7
1.2.1.2 Bisyllabische Segmentierung	8
1.2.1.3 Sprachübergreifende Wortsegmentierung	10
1.2.2 Wortsegmentierungsfähigkeiten bilingualer Säuglinge.....	12
1.3 Prosodische Eigenschaften der Sprachen Deutsch und Französisch	15
1.4 Die vorliegende Arbeit	17
2 Frühe Wortsegmentierung: Eine behaviorale Untersuchung von monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen	20
2.1 Einleitung	20
2.2 Experiment 1: Methoden	26
2.2.1 Probanden.....	26
2.2.2 Stimuli	26
2.2.3 Verfahren	28
2.3 Experiment 1: Ergebnisse	29
2.4 Experiment 1: Diskussion	30
2.5 Experiment 2: Methoden	31
2.5.1 Probanden.....	31
2.5.2 Stimuli	32
2.5.3 Verfahren	34
2.6 Experiment 2: Ergebnisse	36
2.7 Experiment 2: Diskussion	41
2.8 Schlussfolgerung	44
Vorwort zu Kapitel 3 und 4	46

3 Frühe Wortsegmentierung: Eine elektrophysiologische Untersuchung von monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen	47
3.1 Einleitung.....	47
3.2 Methoden	52
3.2.1 Probanden.....	52
3.2.2 Stimuli	52
3.2.3 Verfahren	54
3.2.4 EEG-Datenerhebung.....	56
3.2.5 EEG-Datenanalyse	57
3.3 Ergebnisse	59
3.3.1 Familiarisierungsphase.....	60
3.3.2 Testphase	62
3.4 Diskussion	66
3.5 Schlussfolgerung.....	71
4 Frühe Wortsegmentierung: Eine elektrophysiologische Untersuchung von bilingual Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen	72
4.1 Einleitung.....	72
4.2 Methoden	78
4.2.1 Probanden.....	78
4.2.2 Stimuli	79
4.2.3 Verfahren	79
4.2.4 EEG-Datenerhebung.....	82
4.2.5 EEG-Datenanalyse	82
4.3 Ergebnisse	85
4.3.1 Familiarisierungsphase.....	86
4.3.2 Testphase	89
4.4 Diskussion	94
4.4.1 Familiarisierungsphase.....	94
4.4.2 Testphase	96
4.4.3 Sprachreihenfolge.....	98
4.4.4 Verteilung der neuronalen Hirnaktivität	99
4.5 Schlussfolgerung.....	99
5 Generelle Diskussion	101
5.1 Zusammenfassung der Studien	101

5.1.1 Monolinguale (HPP & EEG).....	101
5.1.2 Bilinguale (HPP & EEG).....	107
5.2 Methodenvergleich HPP & EEG.....	111
5.3 Asymmetrien in der Sprachverarbeitung von Deutsch und Französisch.....	115
5.4 Schlussfolgerung.....	117
Anhang.....	119
Bibliografie.....	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 Testphase Experiment 1	29
Abbildung 2.2 Testphase Experiment 2	36
Abbildung 2.3 Testphase - Sprachreihenfolge	37
Abbildung 2.4 Individuelle Orientierungszeiten für die Sprache Deutsch in Sprachreihenfolge 1	38
Abbildung 2.5 Testphase - Sprachdominanz	39
Abbildung 2.6 Testphase: Präferenzquotienten	40
Abbildung 3.1 Darstellung des Ablaufs von Experiment 3	54
Abbildung 3.2 Familiarisierungsphase	62
Abbildung 3.3 Testphase	64
Abbildung 3.4 Topoplot des Worterkennungseffektes in der Testphase	65
Abbildung 3.5 Testphase - Sprachreihenfolge	66
Abbildung 4.1 Experimentelles Design	81
Abbildung 4.2 Familiarisierungsphase	88
Abbildung 4.3 Testphase	91
Abbildung 4.4 Topoplot des Worterkennungseffektes in der Testphase	91
Abbildung 4.5 Testphase - Sprachdominanz	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1 Textpassagen des französischen Materials	27
Tabelle 2.2 Akustische Informationen der französischen Stimuli	27
Tabelle 2.3 Subgruppen der Deutsch-Französisch Bilingualen	32
Tabelle 2.4 Textpassagen des französischen und deutschen Materials	33
Tabelle 2.5 Akustische Informationen der französischen und deutschen Stimuli	34
Tabelle 2.6 Probandenverteilung Experiment 2	35
Tabelle 3.1 Akustische Information zur Dauer der Zielwörter in Familiarisierungs- und Testphase	53
Tabelle 3.2 Probandenverteilung Experiment 3	55
Tabelle 3.3 Wortverarbeitung während der Familiarisierungsphase	61
Tabelle 3.4 Wortverarbeitung während der Testphase	63
Tabelle 4.1 Subgruppen der 9 Monate alten Deutsch-Französisch bilingualen Säuglinge	79
Tabelle 4.2 Probandenverteilung Experiment 4	80
Tabelle 4.2 Wortverarbeitung während der Familiarisierung	87
Tabelle 4.3 Wortverarbeitung während der Testphase	90

1 Einleitung

Säuglinge erlernen ihre Muttersprache in den ersten Lebensjahren scheinbar schnell und mühelos. Jedoch ist das Erlernen einer oder mehrerer Muttersprachen nicht so trivial wie es vielleicht zunächst erscheint. Gesprochene Sprache ist kontinuierlich und so werden Wortgrenzen nicht zuverlässig durch akustische Pausen markiert. Säuglinge hören Wörter nur selten isoliert, denn der sprachliche Input an sie besteht überwiegend aus Sätzen oder Mehrwortäußerungen (Brent & Siskind, 2001). Isoliert gesprochene Wörter machen weniger als 10 % der an Kinder gerichteten Wörter insgesamt aus (Aslin, 1993; Brent & Siskind, 2001; Van de Weijer, 1999). Für den Wortschatzaufbau müssen daher zunächst Wortformen im Sprachstrom identifiziert werden.

Die Wortsegmentierung, d. h., das „Identifizieren“ von Wörtern aus dem Sprachstrom, stellt daher einen wichtigen Schritt im Spracherwerb dar, der eine entscheidende Rolle in der Entwicklung des Lexikons spielt. Tatsächlich fanden eine Vielzahl von Studien einen Zusammenhang von Wortsegmentierungsfähigkeiten im Alter zwischen 7-12 Monaten und der späteren Wortschatzentwicklung mit 2-3,5 Jahren (Junge, Hagoort, Kooijman & Cutler, 2010; Marimon, Höhle & Langus, 2022; Newman, Ratner, Jusczyk, Jusczyk & Dow, 2006). Zudem scheint die Segmentierungsfähigkeit auch eine Voraussetzung für den Syntaxerwerb zu sein, da Säuglinge für den Erwerb von syntaktischen Beziehungen der Wörter Zugang zu der segmentierten Abfolge der Wortformen in den gehörten Äußerungen haben müssen (Newman et al., 2006).

Diese Arbeit untersucht die Wortsegmentierungsfähigkeiten von monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen. Mithilfe welcher sprachlichen Hinweise (Cues) es Säuglingen möglich ist, in die Wortsegmentierung einzusteigen, wird in 1.1 erörtert. Im Anschluss werden Studien zur frühen Wortsegmentierung von monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen näher dargestellt. Es folgt eine Gegenüberstellung der für diese Arbeit relevanten Sprachen Deutsch und Französisch mit dem Fokus auf die jeweiligen

rhythmischen Eigenschaften der Sprachen. Zuletzt werden, ausgehend von der bisherigen Literatur, die Forschungsfragen dieser Arbeit vorgestellt.

1.1 Wortgrenzenmarkierung im kindlichen Spracherwerb

Der sprachliche Input spielt eine entscheidende Rolle für einen erfolgreichen Spracherwerb. Kinder benötigen sprachlichen Input um ihre Muttersprache(n) zu lernen. Da Säuglinge zunächst über kein lexikalisches Wissen verfügen, können sie dieses nicht wie Erwachsene „Top-down“ für die Segmentierung nutzen. Säuglinge müssen daher auf „Bottom-up“-Hinweise, also Informationen, die aus der Struktur der Sprache selbst extrahiert werden, zurückgreifen, um mögliche Wörter im Sprachstrom zu identifizieren. Dazu nutzen Säuglinge eine Vielzahl von Cues, die sprachspezifische Regelmäßigkeiten der Struktur der jeweiligen Sprache widerspiegeln. Eine Vielzahl von Studien fanden Evidenz für die Nutzung folgender Cues im frühen Spracherwerb: Rhythmische Einheiten der Muttersprache (Goyet, de Schonen & Nazzi, 2010; Höhle, 2002; Jusczyk, Houston & Newsome, 1999), distributionelle Cues (Mersad & Nazzi, 2012; Romberg & Saffran, 2010; Thiessen & Erickson, 2012; Thiessen & Saffran, 2003), phonotaktische Informationen (Gonzalez-Gomez & Nazzi, 2013; Mattys & Jusczyk, 2001; Mattys, Jusczyk, Luce & Morgan, 1999), prosodische Cues (Gout, Christophe & Morgan, 2004; Seidl & Johnson, 2006) und koartikulatorische Hinweise (Johnson & Jusczyk, 2001).

Prosodische Cues können dabei wichtige Hinweise auf Wortgrenzen liefern, da sie in verschiedenen Ebenen der Sprachstruktur auftreten. Auf Satzebene werden beispielsweise durch prosodische Informationen Phrasengrenzen markiert. Diese können bereits von jungen Säuglingen wahrgenommen werden (Christophe, Dupoux, Bertocini & Mehler, 1994). Da Phrasen- und Wortgrenzen zum Teil übereinstimmen, können prosodische Phrasenmarkierungen auch genutzt werden, um Wortgrenzen zu finden (Nespor & Vogel, 1986).

Auf der Wortebene wird vor allem die Wortbetonung mithilfe prosodischer Cues realisiert. Deren Ausprägung ist sprachspezifisch, so dass beispielsweise im Englischen oder Deutschen die Mehrheit der zweisilbigen Wörter auf der ersten Silbe betont werden (Cassidy & Kelly, 1991; Cutler, 2005; Cutler & Carter, 1987; Kelly & Bock, 1988), während im

Französischen eine Dehnung der finalen Silbe eines Wortes am Satzende zu beobachten ist (Delattre, 1966; Fletcher, 1991).

Neugeborene sind sensibel für prosodische Unterschiede zwischen Sprachen, insbesondere für solche, die auf dem Rhythmus basieren und können Sprachen aus verschiedenen Rhythmusklassen voneinander unterscheiden (Nazzi, Bertoncini & Mehler, 1998). Die Einteilung von Sprachen in eine von drei grundlegenden Rhythmusklassen (akzentzählend, silbenzählend, morenzählend) ist seit einiger Zeit etabliert (Abercrombie, 1967; Pike, 1945). In akzentzählenden Sprachen (z. B. Deutsch, Englisch, Niederländisch) stellt der metrische Fuß die basale rhythmische Einheit dar. In silbenzählenden Sprachen (z. B. Französisch, Italienisch, Spanisch) entspricht die rhythmische Einheit der Silbe, in morenzählenden Sprachen (z. B. Japanisch) die Mora (= subsilbische Einheit). Ab dem Alter von 5 Monaten sind Säuglinge auch in der Lage, verschiedene Sprachen innerhalb der muttersprachlichen Rhythmusklasse zu differenzieren (Bosch & Sebastián-Gallés, 2001; Nazzi, Jusczyk & Johnson, 2000).

Bereits früh entwickeln Säuglinge eine Sensitivität für die prosodischen Eigenschaften ihrer Muttersprache. Dies zeigt sich auch in der Wahrnehmung von Phrasengrenzen. So können Französisch lernende Neugeborene zwei Versionen zweisilbiger Stimuli, die entweder eine prosodische Grenze enthalten oder nicht, voneinander diskriminieren (Christophe et al., 1994). Im Alter von 6 Monaten diskriminieren Französisch lernende Säuglinge französische Sequenzen (bestehend aus 5 Wörtern) mit oder ohne interne Phrasengrenze voneinander (van Ommen et al., 2020). Die Fähigkeit, Phrasengrenzen wahrzunehmen, zeigt sich auch bei deutschsprachigen Säuglingen im Alter von 6 Monaten sowohl für Sequenzen in ihrer Muttersprache als auch für Sequenzen in der nicht-nativen Sprache Französisch (van Ommen et al., 2020; Wellmann, 2022).

Eine Reihe von Studien untersuchten die Diskriminierungsfähigkeiten von Säuglingen bezogen auf Betonungsmuster. Englisch lernende Säuglinge können im Alter von 2 Monaten trochäische und jambische Zweisilber voneinander diskriminieren (Jusczyk & Thompson, 1978; Spring & Dale, 1977). Deutsch aufwachsende Säuglinge sind im gleichen Alter in der Lage Silben mit unterschiedlichen Silbenlängen voneinander zu unterscheiden (Friederici, Friedrich & Weber, 2002) und zeigen somit eine erste Diskriminierungsfähigkeit

zwischen betonten und unbetonten Silben. Im Alter von 4-5 Monaten unterscheiden deutschsprachige Säuglinge trochäische und jambische Zweisilber voneinander (Höhle, Pauen, Hesse & Weissenborn, 2014; Weber, Hahne, Friedrich & Friederici, 2005). Evidenz für solch eine Sensitivität für Betonungsmuster wurde auch sprachübergreifend gefunden (Italienisch: Sansavini, Bertoncini & Giovanelli, 1997; Französisch: Friederici, Friedrich & Christophe, 2007; Bijeljac-Babic, Serres, Höhle & Nazzi, 2012; Skoruppa et al. 2009, Skoruppa et al., 2013; Spanisch: Skoruppa et al., 2013).

Darüber hinaus zeigt sich bei Englisch lernenden Säuglingen im Alter zwischen 6 und 9 Monaten eine Präferenz für das im Englischen vorherrschende trochäische Betonungsmuster (Betonung auf der 1. Silbe, z. B. wie in BROWnie) gegenüber der im Englischen selten auftretenden jambischen Betonung (Betonung auf der 2. Silbe, z. B. poLITE) (Jusczyk, Cutler & Redanz, 1993; Turk, Jusczyk & Gerken, 1995). Für das Deutsche zeigt sich solch eine Trochäuspräferenz bereits ab 6 Monaten (Höhle, Bijeljac-Babic, Herold, Weissenborn & Nazzi, 2009). Dass eine vorhandene Präferenz für ein Betonungsmuster auf den Einfluss der Muttersprache zurückgeht zeigten Ergebnisse einer Studie von Friederici, Friedrich & Christophe (2007). Die Autorinnen konnten bei 4 Monate alten deutschen und französischen Säuglingen eine sprachspezifische Diskriminierung von Betonungsmustern nachweisen und fanden für beide Sprachgruppen einen Verarbeitungsvorteil für das in der jeweiligen Muttersprache typische Betonungsmuster. Daher kann nicht von einer sprachübergreifenden generellen Trochäuspräferenz ausgegangen werden. Weitere Evidenz für sprachspezifische Unterschiede in der Betonungswahrnehmung liefern Studien mit 9 Monate alten spanischen und französischen Säuglingen. Spanisch aufwachsende Säuglinge diskriminierten trochäische und jambische Pseudowörter voneinander, während bei Französisch aufwachsenden Säuglingen im gleichen Alter keine Diskriminierungsleistung nachgewiesen werden konnte (Skoruppa et al., 2009).

Distributionelle oder statistische Cues sind eine weitere Informationsquelle für Säuglinge, um Wortgrenzen im kontinuierlichen Sprachstrom zu finden. Die Verteilung aufeinanderfolgender Phoneme (oder aufeinanderfolgender Silben) innerhalb von Wörtern liefern Informationen über die Wahrscheinlichkeit, ob zwei Phoneme (oder zwei Silben) zum selben Wort gehören. Da einige phonetische Sequenzen innerhalb von Wörtern häufiger

vorkommen als andere, können Säuglinge aufgrund der Frequenz solcher Sequenzen Informationen über Wortgrenzen erhalten (Hockema, 2006; Jusczyk, Luce & Charles-Luce, 1994). Informativ für Säuglinge sind darüber hinaus auch Übergangswahrscheinlichkeiten (transitional probabilities, TPs). TPs sind zwischen zwei Silben innerhalb eines Wortes höher als über Wortgrenzen hinweg (Curtin, Mintz & Christiansen, 2005). Die wegweisende Studie von Saffran, Aslin & Newport (1996) zeigte, dass 8 Monate alte Englisch aufwachsende Säuglinge Wörter aus einer künstlichen Sprache nur durch TPs segmentieren. Teinonen et al. (2009) konnten zeigen, dass schon Neugeborene sensibel für statistische Cues, insbesondere TPs zwischen Silben, in gesprochener Sprache sind.

Phonotaktische Hinweise, d. h., die sprachspezifischen Kombinationsmöglichkeiten von Phonemen innerhalb einer Silbe, können ebenfalls als Hinweis auf Wortgrenzen genutzt werden. Phonemsequenzen die nicht innerhalb von Wörtern einer Sprache vorkommen, geben bei Vorhandensein eindeutige Hinweise auf Wortgrenzen. Säuglinge im Alter von 6 bis 9 Monaten sind sensibel für die phonotaktischen Eigenschaften ihrer Muttersprache und zeigen eine Präferenz für legale gegenüber illegalen Phonemfolgen (Jusczyk et al., 1994; Mattys et al., 1999; Nazzi, Bertoncini & Bijeljac-Babic, 2009; Sebastián-Gallés & Bosch, 2002).

Koartikulatorische Cues bzw. Allophone können ebenfalls auf vorhandene Wortgrenzen hinweisen, da die akustische Realisierung einiger Phoneme davon abhängt, ob sie sich an einer Wortgrenze oder innerhalb eines Wortes befinden. Hohne & Jusczyk (1994) untersuchten die Diskriminierungsfähigkeiten von 2 Monate alten Englisch aufwachsenden Säuglingen für die sich unterscheidenden Realisierungen der Phoneme /t/ und /r/ in dem Wort „nitrate“ gegenüber der Realisierung der gleichen Phoneme in der Wortgruppe „night rate“. Säuglinge im Alter von 2 Monaten sind sensibel für allophone Unterschiede, was sich in der Fähigkeit die beiden Stimuli voneinander zu diskriminieren, zeigte.

Darüber hinaus erwerben Säuglinge bereits von Geburt an funktionale Elemente der Muttersprache, wobei sie sich dabei auf Frequenz- und Klangeigenschaften stützen (Shi, Werker & Morgan, 1999). Im Alter von 6 Monaten segmentieren Säuglinge einzelne, hochfrequente funktionale Morpheme in ihrer Muttersprache (Shi, 2014). Somit können

Säuglinge bereits in ihrem ersten Lebensjahr erste Top-Down-Informationen zur Segmentierung zu nutzen.

Insgesamt stehen Säuglingen demnach eine Reihe von informativen sprachlichen Cues zur Wortsegmentierung zur Verfügung, die bereits ab Geburt bzw. kurze Zeit später wahrgenommen werden. Die zu Beginn eher generelle Wahrnehmung sprachlicher Cues wird durch den Input der Muttersprache geformt und führt im Verlauf des Spracherwerbs zu einer sprachspezifischen Wahrnehmung sprachlicher Hinweise. Um das Segmentierungsproblem zu lösen nutzen Säuglinge vermutlich nicht einzelne Cues, da dies nicht zu einer stetigen, validen Wortsegmentierung führen würde. Stattdessen scheinen Säuglinge eine Kombination aus verschiedenen Cues zu nutzen um Wortgrenzen im Sprachstrom zu finden (Christiansen, Allen & Seidenberg, 1998; Marimon et al., 2022). Im Laufe des ersten Lebensjahres müssen Säuglinge somit lernen, wie und welche der oben beschriebenen Cues Wortgrenzen in ihrer Muttersprache zuverlässig markieren.

In den folgenden Abschnitten werden Studien zur Wortsegmentierung bei Säuglingen, die monolingual oder bilingual aufwachsen, vorgestellt.

1.2 Frühe Wortsegmentierung

1.2.1 Wortsegmentierungsfähigkeiten monolingualer Säuglinge

Säuglinge können bereits mit wenigen Monaten hochfrequente Wörter erkennen, wenn sie isoliert dargeboten werden: So erkennen Säuglinge bereits im Alter von 4 Monaten ihren eigenen Namen (Mandel, Jusczyk & Pisoni, 1995). Allerdings werden Wörter nur selten isoliert gesprochen (Aslin et al., 1996; Van de Weijer, 1999). Die Verarbeitung von Wortformen, die zunächst möglicherweise keine spezifische Bedeutung für das sprachlernende Kind haben und zudem in einem Satzrahmen geäußert werden, stellt somit eine größere Herausforderung im Spracherwerb dar. Eine Vielzahl von Studien untersuchten die frühen Wortsegmentierungsfähigkeiten von Säuglingen in verschiedenen Sprachen. Im Folgenden werden zunächst Studien zur mono- und bisyllabischen Segmentierung vorgestellt. Im Anschluss wird auf sprachübergreifende Segmentierungsfähigkeiten näher eingegangen.

1.2.1.1 Monosyllabische Segmentierung

In der wegweisenden Studie von Jusczyk & Aslin (1995) untersuchten die Autoren erstmals Wortsegmentierungsfähigkeiten von 7,5 Monate alten Englisch lernenden Säuglingen mithilfe des Headturn Preference Paradigmas (HPP). Mithilfe des HPP werden die Orientierungszeiten des Säuglings zu zwei verschiedenen Stimulustypen gemessen. Die Messung der Orientierungszeit beruht auf dem visuellen Aufmerksamkeitsparadigma, nach dem Säuglinge ihren Kopf in die Richtung einer Geräuschquelle drehen. Die Orientierungszeit zu einem akustischen Reiz zeigt dessen sprachliche Verarbeitung an. Jusczyk & Aslin (1995) konnten mit dieser Methode nachweisen, dass englischsprachige Säuglinge in der Lage sind einsilbige Wörter aus kontinuierlicher Sprache zu segmentieren. Dabei scheinen sie das gesamte einsilbige Wort zu segmentieren und nicht nur einzelne, saliente Phoneme der Zielwörter, wie beispielsweise den Vokal (Tincoff & Jusczyk, 1996).

Für Studien, die die Segmentierung monosyllabischer Wörter in anderen Sprachen als dem Englischen untersuchten, liegen nur einige Daten aus dem Deutschen und dem Französischen vor. So konnte für Deutsch lernende Säuglinge im Alter von 8 Monaten, jedoch nicht im Alter von 6 Monaten, die Segmentierung unbetonter Einsilber aus geschlossenen Klassen (z. B. der Artikel „das“) nachgewiesen werden (Höhle & Weissenborn, 2003).

Studien aus dem Französischen, einer im Gegensatz zum Englischen und Deutschen silbenzählenden Sprache, zeigten eine erfolgreiche Segmentierung einsilbiger Wörter bereits ab einem Alter von 6 Monaten (Gout, 2001; Nishibayashi, Goyet & Nazzi, 2015). Bosch et al. (2013) fanden vergleichbare Wortsegmentierungsfähigkeiten in den silbenzählenden Sprachen Spanisch oder Katalanisch mit 6 Monate alten Säuglingen.

Insgesamt scheint sich die Fähigkeit zur Segmentierung monosyllabischer Wörter sprachübergreifend vergleichbar zu entwickeln. Da in silbenzählenden Sprachen die rhythmische Einheit die Silbe ist, zeigt sich in diesen Sprachen möglicherweise eine frühere Segmentierungsfähigkeit für monosyllabische Wörter im Vergleich zu akzentzählenden Sprachen (Bosch, Figueras, Teixido & Ramon-Casas, 2013; Nishibayashi et al., 2015).

1.2.1.2 Bisyllabische Segmentierung

Jusczyk, Houston & Newsome (1999) untersuchten in einer bahnbrechenden Studie erstmals die Wortsegmentierungsfähigkeiten von bisyllabischen Wörtern mit englischsprachigen Säuglingen im Alter von 7,5 Monaten mithilfe des HPP. Die Säuglinge wurden mit Sätzen, die je einmal ein zweisilbiges Zielwort enthielten, familiarisiert und anschließend mit familiarisierten und nicht-familiarisierten Wörtern getestet. Gemessen wurden die Orientierungszeiten der familiarisierten gegenüber den neuen, nicht-familiarisierten Wörtern. Eine längere Orientierungszeit für familiarisierte Wörter im Vergleich zu nicht-familiarisierten Wörtern wurde als Evidenz dafür gewertet, dass Säuglinge die Wortform aus dem kontinuierlichen Sprachstrom segmentierten. In einer Reihe von insgesamt 15 Experimenten konnten Jusczyk et al. (1999) zeigen, dass 7,5 Monate alte Englisch lernende Säuglinge trochäische Zielwörter aus dem Sprachstrom segmentieren. Dabei segmentierten sie nicht nur die betonte Silbe des Zweisilbers, sondern erkannten das gesamte Wort wieder. Englischsprachige Säuglinge sind somit im Alter von 7,5 Monaten sensibel für das typische Wortbetonungsmuster ihrer Muttersprache (d. h. zweisilbige Wörter mit trochäischem Betonungsmuster). Vergleichbare Ergebnisse finden sich auch für weitere Sprachen mit überwiegend trochäischem Betonungsmuster: Für Niederländisch oder Deutsch lernende Säuglinge konnte eine erfolgreiche Segmentierung trochäischer Worte im Alter ab 9 Monaten nachgewiesen werden (Bartels, Darcy & Höhle, 2009; Kooijman, Hagoort & Cutler, 2005; Kuijpers, Coolen, Houston & Cutler, 1998). Wird das trochäische Zielwort zusätzlich prosodisch akzentuiert, zeigen Deutsch aufwachsende Säuglinge bereits im Alter vom 6 Monaten eine erfolgreiche Segmentierung (Männel & Friederici, 2013).

Französisch lernende Säuglinge sind im Alter von 8 Monaten in der Lage, jambische Wörter aus dem Sprachstrom zu segmentieren (Nazzi, Mersad, Sundara, Iakimova & Polka, 2014; Polka & Sundara, 2012). Das Französische gehört, im Gegensatz zu Englisch oder Deutsch, zu den silbenzählenden Sprachen und nutzt Betonungsinformationen nicht auf lexikalischer, sondern auf phrasaler Ebene. Daher wird für das Französische eine silbenbasierte oder eine stärker auf distributionellen Informationen ausgerichtete Segmentierung angenommen (Nazzi et al., 2014; Polka & Sundara, 2012). Dies entspricht der Annahme von Cutler, Mehler, Norris & Segui (1992) die eine rhythmusbasierte Abhängigkeit der frühen Segmentierungs-

strategien annehmen. Inputabhängig richten sich diese an dem Rhythmus der Muttersprache aus, d.h., dass z. B. bei Deutsch aufwachsenden Säuglingen eine akzentbasierte Segmentierung im Mittelpunkt steht, wohingegen bei Französisch lernenden Säuglingen eine silbenbasierte Segmentierung angenommen wird.

Evidenz für die Annahme von Cutler et al. (1992) kommt auch aus Studien mit erwachsenen Sprechern. In Experimenten zur Wortsegmentierung nutzen erwachsene Sprecher des Englischen und Niederländischen (akzentzählende Sprachen) das trochäische Betonungsmuster, während Sprecher des Französischen und Spanischen (silbenzählende Sprache) Silben verfolgen und Sprecher des Japanischen (eine morenzählende Sprache) auf Mora-Einheiten zugreifen (Cutler, Mehler, Norris & Segui, 1986; Cutler & Norris, 1988; Mehler, Dommergues, Frauenfelder & Segui, 1981; Murty, Otake & Cutler, 2007; Otake, Hatano, Cutler & Mehler, 1993; Peretz, Lussier & Beland, 1998; Sebastián-Gallés, Dupoux, Segui & Mehler, 1992; Vroomen, Van Zon & De Gelder, 1996). Darüber hinaus nutzen erwachsene Sprecher diese rhythmischen Eigenschaften ihrer Muttersprache auch dann, wenn sie eine nicht-native, rhythmisch differente Sprache hören (Cutler & Otake, 1994; Tyler & Cutler, 2009).

Eine Segmentierung des nicht typischen Betonungsmusters (= jambisch) zeigt sich für Englisch und Niederländisch aufwachsende Säuglinge erst ab dem Alter von 10,5 Monaten (Gerken & Aslin, 2005; Jusczyk et al., 1999; Kooijman, Hagoort & Cutler, 2009). Somit scheinen Säuglinge Betonungsinformationen zunächst in einer bestimmten Art und Weise zu nutzen. Dies stimmt mit der Annahme einer metrischen Segmentierungsstrategie überein (Cutler & Butterfield, 1992; Cutler & Carter, 1987; Cutler & Norris, 1988). Die metrische Segmentierungsstrategie (MSS) beruht darauf, dass die überwiegende Anzahl der Inhaltswörter in akzentzählenden Sprachen wie dem Englischen eine betonte Silbe am Wortanfang haben (Cutler & Carter, 1987). Ergebnisse aus Studien mit dem Word-Spotting-Paradigma, in dem erwachsene Sprecher beurteilen, ob ein Pseudowort ein real existierendes Wort enthält, deuten darauf hin, dass das Vorhandensein einer betonten Silbe von Erwachsenen als Hinweis auf den Beginn eines neuen Wortes gewertet wird. So erkennen Sprecher einsilbige Wörter schneller, wenn im Anschluss eine betonte Silbe folgte, als wenn nachfolgend eine unbetonte Silbe präsentiert wurde (Cutler & Norris, 1988; Norris,

McQueen & Cutler, 1995; Vroomen et al., 1996). Bezogen auf den Spracherwerb, könnte die MSS eine mögliche Erklärung liefern, wie Säuglinge Wortanfänge im kontinuierlichen Sprachstrom finden. Wie oben bereits erwähnt zeigt sich für englischsprachige und deutschsprachige Säuglinge zwischen 6 und 9 Monaten eine Präferenz für Wörter die dem vorherrschenden (trochäischen) Betonungsmuster entsprechen (Echols, Crowhurst & Childers, 1997; Höhle et al., 2009; Jusczyk, Cutler, et al., 1993; Morgan, 1996). Da jedoch nicht alle Wörter ein trochäisches Betonungsmuster aufweisen, bleibt bei Annahme der MSS offen, wie Säuglinge jambische Wörter, besonders Funktionswörter, aus dem Sprachstrom segmentieren. Dass Säuglinge hochfrequente Funktionswörter jedoch bereits im Alter von 6-8 Monaten aus dem Input segmentieren können (Höhle & Weissenborn, 2003; Shi & Lepage, 2008; Shi et al., 1999), spricht gegen eine ausschließliche Nutzung der MSS. Vielmehr scheint eine mögliche metrische Segmentierung mit Voranschreiten des Spracherwerbs mehr und mehr in den Hintergrund zu treten und andere sprachliche Cues (vgl. 1.1) beziehungsweise Top-Down-Prozesse, infolge bereits erworbener lexikalischer Wortformen, werden zur Segmentierung genutzt.

1.2.1.3 Sprachübergreifende Wortsegmentierung

Unter dem Aspekt, dass Wortsegmentierungsstrategien zum Teil von sprachspezifischen Mustern beeinflusst werden, sind crosslinguistische Studien besonders interessant. In diesen Zusammenhang formulierten Jusczyk, Houston & Newsome (1999) die Rhythmushypothese, um Wortsegmentierungsfähigkeiten von Säuglingen sprachübergreifend vorherzusagen. Die Rhythmushypothese besagt, dass die Vertrautheit mit der rhythmischen Struktur der Muttersprache die Aufmerksamkeit des Säuglings auch auf spezifische prosodische Einheiten einer Nicht-Muttersprache lenkt und so die Wortsegmentierung unterstützt. Um diese Hypothese zu überprüfen testeten Houston et al. (2000) die Segmentierung von niederländischen Zweisilbern mit monolingual Englisch und Niederländisch aufwachsenden Säuglingen mithilfe des HPP. Englisch und Niederländisch zählen zu den akzentzählenden Sprachen mit einem überwiegend trochäischen Betonungsmuster (Ramus, Nespor & Mehler, 1999). Die Ergebnisse zeigten, dass sowohl Englisch als auch Niederländisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der Lage waren, zweisilbige trochäische Wörter im

Niederländischen zu segmentieren. Houston et al. (2000) konnten damit zeigen, dass die rhythmischen Eigenschaften der Muttersprache einen starken Einfluss auf die frühe Wortsegmentierung haben und Säuglinge in der Lage sind, Wörter nicht nur in ihrer Muttersprache, sondern auch in einer anderen, rhythmisch ähnlichen Sprache, zu segmentieren. Ergebnisse einer vergleichbaren Studie mit Englisch aufwachsenden Säuglingen, die mit deutschem Sprachmaterial getestet wurden, unterstützen diese Annahme (Höhle, 2002).

Besonders interessant zur Überprüfung der Rhythmushypothese sind jedoch Studien, die eine sprachübergreifende Segmentierung bei rhythmisch unterschiedlichen Sprachen untersuchten. Pelucchi, Hay & Saffran (2009) testeten die Segmentierung von trochäischen Wörtern im Italienischen mit Englisch lernenden 8 Monate alten Säuglingen mit dem HPP. Italienisch zählt, im Gegensatz zu Englisch, zu den silbenzählenden Sprachen, weist jedoch eine überwiegend trochäische Betonung bei Zweisilbern auf (Krämer, 2009). Die Säuglinge wurden mit italienischen Sätzen familiarisiert und anschließend auf isolierte Wörter getestet. Englisch lernende Säuglinge zeigten eine erfolgreiche Segmentierung des italienischen Sprachmaterials. Trotz der Unterschiede in der rhythmischen Struktur zwischen ihrer Muttersprache Englisch (akzentzählend) und der Testsprache Italienisch (silbenzählend) waren die Säuglinge in der Lage, Zweisilber im Italienischen zu segmentieren – ein Ergebnis welches zunächst gegen die Annahme der Rhythmushypothese spricht. Die italienischen Zweisilber wiesen jedoch ein trochäisches Betonungsmuster auf, so dass dieses für Englisch aufwachsende Säuglinge vertraute Betonungsmuster zu einer erfolgreichen Segmentierung geführt haben könnte, selbst dann wenn weitere rhythmische Eigenschaften des Italienischen nicht mit denen ihrer Muttersprache vergleichbar waren.

Weitere Evidenz für die Annahme der Rhythmushypothese stammt aus der Studie von Polka & Sundara (2012), die die Wortsegmentierungsfähigkeiten von 8 Monate alten monolingualen Säuglingen in den zwei rhythmisch unterschiedlichen Sprachen Englisch und Französisch untersuchten. Sie testeten Kanadisch-Englisch aufwachsende Säuglinge mit französischem Sprachmaterial und Kanadisch-Französisch aufwachsende Säuglinge mit englischen Stimuli mithilfe des HPP. Weder die Kanadisch-Englischen noch die Kanadisch-Französischen Säuglinge waren in der Lage zweisilbige Wörter aus der jeweils anderen

Sprache zu segmentieren. Das deutet darauf hin, dass die Segmentierungsfähigkeiten von 8 Monate alten monolingualen Säuglingen sprachspezifisch sind.

Insgesamt sprechen die Ergebnisse der oben genannten Studien für die von Jusczyk, Houston & Newsome (1999) angenommene Rhythmushypothese. Demnach können native Segmentierungsprozeduren erfolgreich auf rhythmisch ähnliche Sprachen bzw. auf Sprachen mit vergleichbaren prosodischen Eigenschaften angewendet werden, jedoch nicht auf rhythmisch unähnliche Sprachen.

1.2.2 Wortsegmentierungsfähigkeiten bilingualer Säuglinge

Die in Studien mit monolingual aufwachsenden Säuglingen gefundene Sprachspezifität der Wortsegmentierung wirft die Frage auf, wie bilingual aufwachsende Säuglinge Wörter in ihren Muttersprachen segmentieren. Die Segmentierung mehrerer Muttersprachen stellt Säuglinge vor eine Reihe verschiedener Herausforderungen. So erhalten bilinguale Säuglinge in jeder ihrer Muttersprachen zwangsläufig weniger Input als monolingual aufwachsende Säuglinge in einer einzigen Muttersprache (Garcia-Sierra, Ramírez-Esparza & Kuhl, 2016). Das heißt, bilinguale Säuglinge haben im Vergleich zu monolingualen Altersgenossen möglicherweise weniger Gelegenheit, die sprachspezifischen Hinweise ihrer Muttersprachen wahrzunehmen, die für die Segmentierung der jeweiligen Sprachen informativ sind. Zudem müssen bilinguale Säuglinge lernen, wie sich lexikalische Wortformen in ihren beiden Sprachen unterscheiden. Dies stellt eine große Herausforderung dar, besonders dann, wenn die Cues für die Segmentierung in jeder der Sprachen, die sie lernen, unterschiedlich sind. Zusätzlich werden die Sprachen im kindlichen bilingualen Input nicht immer klar voneinander getrennt (Byers-Heinlein, 2013). So hören bilinguale Säuglinge in einigen Fällen pro Bezugsperson eine Sprache (z. B. der Vater spricht Französisch, die Mutter spricht Deutsch), in anderen Fällen spricht eine Bezugsperson beide Sprachen mit dem Kind (z. B. die Mutter spricht Deutsch und Französisch). In einigen Fällen wird vom Kind noch eine dritte Sprache gehört – die in der die Bezugspersonen miteinander kommunizieren. Diese Sprachmischung macht den Input für bilingual aufwachsende Säuglinge variabler und führt eventuell dazu, dass es für Säuglinge schwieriger ist, spezifische Informationen in ihren jeweiligen Muttersprachen zu

entdecken und zuzuordnen. Ergebnisse der Studie von Bijeljic-Babic, Höhle & Nazzi (2016) konnten eine Verzögerung im Erwerb des typischen Betonungsmusters im Deutschen bei bilingual aufwachsenden Säuglingen jedoch nicht bestätigen. Deutsch-Französisch lernende Säuglinge zeigten, wie monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge, im Alter von 6 Monaten eine Trochäuspräferenz.

Bisher gibt es nur eine überschaubare Anzahl von Studien, die die Wortsegmentierungsfähigkeiten von bilingual aufwachsenden Säuglingen untersuchten. Bosch et al. (2013) testeten bilinguale Säuglinge (Spanisch-Katalanisch) in einer Wortsegmentierungsaufgabe im Alter von 6 und 8 Monaten. Spanisch und Katalanisch gehören zur gleichen Rhythmusklasse (silbenzählend). Sowohl die 6 als auch die 8 Monate alten bilingualen Säuglinge waren in der Lage, einsilbige Wörter aus ihrer jeweils dominanten Sprache zu segmentieren. Da Bosch et al. (2013) die Bilingualen ihrer Studie nur in der jeweils dominanten Sprache getestet haben bleibt unklar, ob zweisprachig aufwachsende Säuglinge in der Lage sind, Wörter unabhängig von der Dominanz in beiden Muttersprachen zu segmentieren. Singh & Foong (2012) untersuchten die Segmentierungsfähigkeiten von Englisch-Mandarin aufwachsenden Säuglingen im Alter von 7,5 Monaten. In dieser Studie wurden die Säuglinge in beiden Muttersprachen in getrennten Testsitzungen mithilfe des HPP untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass Englisch-Mandarin lernende Säuglinge im Alter von 7,5 Monaten in der Lage sind einsilbige Wörter in beiden Muttersprachen zu segmentieren. Die oben beschriebenen Studien zeigen, dass bilinguale Säuglinge bezogen auf ihre Segmentierungsfähigkeiten für monosyllabische Wörter eine vergleichbare Entwicklung wie monolingual aufwachsende Säuglinge zeigen.

Polka, Orena, Sundara & Worrall (2017) untersuchten erstmals die Segmentierung zweisilbiger Wörter in einer bilingualen Population. Sie testeten (Kanadisch-) Englisch-Französisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 8 Monaten in einer adaptierten Version des HPP, in der beide Sprachen (d. h. Englisch und Französisch) bei jedem Säugling innerhalb einer Sitzung getestet werden konnten (*Dual Language Task*). Im Ergebnis zeigten die bilingualen Säuglinge jedoch nur für das Französische eine erfolgreiche Segmentierung und auch nur dann, wenn dieses zuerst getestet wurde. In einem nachfolgenden Experiment

testeten die Autor:innen eine weitere Gruppe Englisch-Französisch aufwachsender Säuglinge ausschließlich mit englischen Stimuli mit einer verlängerten Familiarisierungsphase. In diesem Setting segmentierten die Englisch-Französisch aufwachsenden Säuglinge die englischen Zweisilber. Insgesamt deuten die Ergebnisse von Polka et al. (2017) darauf hin, dass bilingual aufwachsende Säuglinge in der Lage sind, zweisilbige Wörter in beiden Muttersprachen zu segmentieren. Allerdings scheint die Leistung abhängig von der Sprachexposition zu sein. So benötigen bilinguale Säuglinge möglicherweise mehr sprachlichen Input in der Familiarisierungsphase, um Wörter aus dem Sprachstrom zu segmentieren. Polka et al. (2017) vermuten, dass die Segmentierungsfähigkeiten bilingualer Säuglinge eventuell weniger stabil sind beziehungsweise Segmentierungsaufgaben in zwei Sprachen eine differenziertere Wahrnehmung des sprachlichen Inputs erfordern als das bei monolingualen Altersgenossen der Fall ist. Orena & Polka (2019) konnten in einer weiteren Studie mit dem gleichen Sprachmaterial zeigen, dass 8 und 10 Monate alte Englisch-Französisch lernende Säuglinge zweisilbige Wörter aus beiden Muttersprachen segmentieren können, wenn sie eine zusätzliche Familiarisierungszeit erhalten.

Mithilfe der Elektroenzephalografie (EEG) untersuchten Neophytou, Junge, Roch & Mills (2015) die Segmentierungsfähigkeiten von Englisch-Walisisch aufwachsenden Säuglingen im Alter von 7 und 10 Monaten. Englisch und Walisisch gehören zur Rhythmusklasse der akzentzählenden Sprachen, unterscheiden sich jedoch hinsichtlich einiger rhythmischer Eigenschaften, wie beispielsweise der Vokaldehnung, die im Walisischen im Gegensatz zum Englischen nicht auf der betonten Silbe, sondern auf der unbetonten Silbe auftritt. Die Segmentierungsfähigkeiten der bilingualen Säuglinge wurden in dieser Studie nur für eine Sprache, dem Englischen, untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Altersgruppen der bilingual aufwachsenden Säuglinge die zweisilbigen englischen Zielwörter segmentierten.

Zusammenfassend zeigt sich, dass es bisher nur wenig direkte Belege dafür gibt, dass zweisprachige Säuglinge zweisilbige Wörter in ihren beiden Muttersprachen segmentieren können. Daher ist weitere Forschung erforderlich, um die Verarbeitungsfähigkeiten bei der Wortsegmentierung in einer bilingualen Population zu untersuchen.

1.3 Prosodische Eigenschaften der Sprachen Deutsch und Französisch

In der vorliegenden Arbeit werden die Segmentierungsfähigkeiten von monolingual Deutsch aufwachsenden und bilingual Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen untersucht. Deutsch und Französisch gehören verschiedenen Rhythmusklassen an. Deutsch wird zu den akzentzählenden Sprachen gezählt, wohingegen Französisch den silbenzählenden Sprachen zugeordnet wird. Darüber hinaus unterscheiden sich beide Sprachen in weiteren prosodischen Eigenschaften.

Deutsch wird als eine Sprache mit lexikalischer Betonung beschrieben (ähnlich wie beispielsweise Englisch), d. h., dass Inhaltswörter eine betonte Silbe enthalten. Die Betonung ist zudem bezogen auf ihre Position weniger vorhersehbar und kann in einigen Fällen kontrastiv sein (z. B. umFAHren vs. UMFahren, Großbuchstaben zeigen die Hauptbetonung an). Darüber hinaus ist die Betonung im Deutschen kulminativ, das heißt, jedes Wort hat nur eine Hauptbetonung, die auf die jeweils schwerste Silbe innerhalb des Wortes fallen sollte (Cutler, 2005; Hayes, 1995). Nach Cutler (2005) machen ein- und mehrsilbige Wörter mit primärer oder sekundärer Betonung auf der ersten Silbe 89 % des deutschen Lexikons aus. Daher kann die Betonung zur Erkennung von Wortanfängen verwendet und somit auch für die Segmentierung des kontinuierlichen Sprachstroms genutzt werden. Durch die positionell variable Betonung werden Phrasengrenzen im Deutschen dagegen nicht regelhaft betont. Wahrnehmungsstudien mit erwachsenen Sprechern des Deutschen zeigen jedoch, dass sowohl Tonhöhenveränderungen (Gollrad, 2013; Petrone, Fuchs & Koenig, 2017) als auch eine Kombination aus Tonhöhenänderungen und Silbendehnungen für deutsche Sprecher informativ sind, um Grenzen größerer prosodischer Phrasen wahrzunehmen (Holzgreffe-Lang et al., 2016). Zur Identifizierung von Grenzen kleinerer prosodischer Phrasen scheinen erwachsene Sprecher nur Dehnungshinweise zu nutzen (Gollrad, 2013; Petrone et al., 2017).

Sowohl im Deutschen als auch im Französischen treten Tonhöhenveränderungen auf. Ein entscheidender Unterschied besteht jedoch in den jeweils zugehörigen tonalen Einheiten – im Deutschen sind das Tonhöhenakzente, im Französischen hingegen Grenztöne. Dieser Unterschied zwischen dem Deutschen und dem Französischen ergibt sich aus der Tatsache, dass das Deutsche eine Sprache mit lexikalischer Betonung ist, das Französische dagegen

nicht (Jun, 2005). Im Deutschen werden, wie oben erwähnt, die Tonhöhenakzente den lexikalisch betonten Silben zugeordnet. Im Französischen markieren Tonhöhenveränderungen stattdessen prosodische Phrasengrenzen und haben somit eine abgrenzende Funktion (van Ommen et al., 2020). Daher wird das Französische als eine Phrasensprache bezeichnet (Féry, 2017).

Studien zur Diskriminierungsfähigkeit von Säuglingen zeigten, dass Deutsch aufwachsende Säuglinge im Alter von 8 Monaten prosodische Grenzen in ihrer Muttersprache durch eine Kombination aus verschiedenen Cues erkennen können. Dabei nutzen die Säuglinge eine Kombination aus entweder drei akustischen Cues (Tonhöhenänderung & Dehnung der finalen Silbe und Pause) oder zwei akustischen Cues (Tonhöhenänderung & Dehnung der finalen Silbe) (Wellmann, Holzgrefe, Truckenbrodt, Wartenburger & Höhle, 2012). In einer crosslinguistischen Untersuchung konnten Deutsch lernende Säuglinge mithilfe von zwei akustischen Cues (Tonhöhenänderung & Dehnung der finalen Silbe) auch prosodische Grenzen im Französischen wahrnehmen, wohingegen Französisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 6-8 Monaten jedoch stets eine Kombination aus drei Cues (Tonhöhenänderung, Dehnung der finalen Silbe und Pause) benötigen um prosodische Phrasengrenzen im Französischen wahrzunehmen (van Ommen et al., 2020).

Bezogen auf die Wahrnehmung lexikalischer Betonung zeigen sich crosslinguistische Unterschiede zwischen Deutsch und Französisch aufwachsenden Säuglingen. Französische und deutsche Säuglinge diskriminieren trochäische und jambische Betonungsmuster im Alter von 4-6 Monaten (Friederici, Friedrich & Christophe, 2007; Höhle et al., 2009; Höhle et al., 2014; Weber et al., 2005). Ergebnisse der EEG-Studie von Friederici et al. (2007) weisen zudem für beide Sprachgruppen auf einen Verarbeitungsvorteil für das in der jeweiligen Muttersprache typische Betonungsmuster. Deutsche Säuglinge zeigten eine Mismatch-Reaktion (MMR) auf Stimuli mit Betonung auf der zweiten Silbe (= jambisches Betonungsmuster) und französische Säuglinge eine MMR auf Stimuli mit Betonung auf der ersten Silbe (= trochäisches Betonungsmuster), wobei jede Gruppe eine MMR auf den Stimulustyp zeigte, der relativ zum typischen Betonungsmuster in ihrer Muttersprache abwich.

Darüber hinaus zeigt sich für Deutsch aufwachsende Säuglinge im Alter von 6 Monaten, jedoch nicht für französischsprachige Säuglinge, eine Präferenz für das dominante Betonungsmuster der Muttersprache (Trochäus). Dass eine vorhandene Präferenz für ein lexikalisches Betonungsmuster auf den Einfluss der Muttersprache zurückgeht, zeigten auch Ergebnisse einer Studie von Bijeljic-Babic, Höhle & Nazi (2016) mit bilingual Deutsch-Französisch lernenden Säuglingen, die eine Trochäuspräferenz bei 6 Monate alten bilingualen Säuglingen nachweisen konnten.

Zusammengenommen zeigen diese Ergebnisse, dass die Sprachen Deutsch und Französisch aufgrund der Unterschiede in Bezug auf die Realisierung der Betonung einen interessanten Einblick in die sprachspezifische Entwicklung der prosodischen Fähigkeiten von Säuglingen geben. Die oben genannten prosodischen Eigenschaften der Sprachen Deutsch und Französisch begünstigen möglicherweise sprachspezifische Segmentierungsprozeduren bei Deutsch und Französisch aufwachsenden Säuglingen, da z. B. eine auf prosodischen Eigenschaften basierende Segmentierung für das Deutsche, jedoch nicht für das Französische erfolgreich wäre.

1.4 Die vorliegende Arbeit

Diese Dissertation erweitert die bestehende Literatur zu Wortsegmentierungsfähigkeiten im frühen Spracherwerb und gibt Einblicke in das Zusammenspiel von an die Muttersprache(n) ausgerichteten Fähigkeiten und einer sprachübergreifenden, flexiblen Lernfähigkeit bei jungen Sprachlernern. Ein besonderes Augenmerk dieser Arbeit liegt dabei auf dem Vergleich dieser Fähigkeiten zwischen einer monolingualen und bilingualen Population.

Dazu wurden die frühen Wortsegmentierungsfähigkeiten von monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen im Alter von 9 Monaten untersucht. Das in dieser Arbeit verwendete Sprachpaar Deutsch und Französisch erweitert die crosslinguistische Perspektive der bisherigen Literatur um eine weitere germanische Sprache (Deutsch). Insbesondere die Literatur zu bilingualen Segmentierungsfähigkeiten basiert bisher größtenteils auf Sprachpaaren mit Englisch als eine der Muttersprachen.

Es wurden zwei verschiedene Methoden zur Untersuchung der Segmentierungsfähigkeiten von Säuglingen genutzt - das in der Spracherwerbsforschung klassische Paradigma des

Headturn Preference Procedure (HPP) und die Elektroenzephalografie (EEG). Bei dem HPP handelt es sich um ein behaviorales Verfahren bei dem die Präferenz von Säuglingen für eine Gruppe von Reizen/Stimuli gegenüber einer anderen, basierend auf Orientierungszeiten, gemessen wird. In dem EEG werden mittels ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) Hirnströme erfasst, die Verarbeitungsprozesse aufzeigen können.

Monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge wurden in ihrer Muttersprache Deutsch und der nicht-nativen Sprache Französisch getestet (Kapitel 2 und 3). Dieser Sprachvergleich untersucht vor dem Hintergrund der angenommenen rhythmusbasierten Segmentierung, ob deutschsprachige Säuglinge sprachübergreifend die rhythmisch differente Sprache Französisch segmentieren. Bisherige behaviorale Studien konnten für Sprachen gleicher Rhythmusklassen eine crosslinguistische Segmentierung nachweisen, für Sprachen verschiedener Rhythmusklassen ist dies jedoch nicht gelungen. In der vorliegenden Arbeit wurden crosslinguistische Segmentierungsfähigkeiten von monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen erstmals mithilfe des EEGs untersucht. Diese Methode erlaubt Einblicke in die Sprachverarbeitung auf neurophysiologischer Ebene und ermöglicht damit eine differenzierte Betrachtung der Lern- und Verarbeitungsprozesse sowie potentieller Unterschiede in der Verarbeitung der nativen und einer nicht-nativen Sprache, die in einer behavioralen Untersuchung nicht beobachtet werden können.

Für bilingual aufwachsende Säuglinge stehen bislang nur wenig Daten aus Segmentierungsstudien zur Verfügung, die Aufschluss darüber geben, wie sich Wortsegmentierungsfähigkeiten in einer bilingualen Population entwickeln. Zudem kann die aktuelle Datenlage nur wenig Einblick in die bei bilingualen Säuglingen zugrundeliegenden Prozesse der Wortsegmentierung geben, so dass potentielle Unterschiede oder Gemeinsamkeiten bei der Verarbeitung beider Sprachen nicht betrachtet werden können. In der vorliegenden Arbeit wurden daher erstmals die Wortsegmentierungsfähigkeiten von bilingual aufwachsenden Säuglingen in beiden Muttersprachen mithilfe des gleichen Sprachmaterials mit zwei verschiedenen Methoden (HPP und EEG) untersucht. Letztere erlaubt einen Einblick in zugrundeliegende Verarbeitungsprozesse der Wortsegmentierung und in potentielle Unterschiede in der Verarbeitung beider Muttersprachen. Diese Studien sollen zur Klärung der Frage beitragen, ob bilingual aufwachsende Säuglinge vergleichbare

Segmentierungsfähigkeiten wie monolingual aufwachsende Säuglinge zeigen und ob die Sprachdominanz einen Einfluss auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten und deren Entwicklung haben könnte (Kapitel 2 und 4).

2

Frühe Wortsegmentierung: Eine behaviorale Untersuchung von monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen

2.1 Einleitung

Worte aus dem kontinuierlichen Sprachfluss zu segmentieren ist eine der wesentlichen Herausforderungen vor der Säuglinge stehen wenn sie eine Sprache dieser Welt erlernen. Dazu nutzen sie eine Vielzahl von Hinweisen (Cues) im sprachlichen Input wie beispielsweise prosodische Cues (Bartels et al., 2009; Goyet et al., 2010; Höhle, 2002; Jusczyk et al., 1999; Seidl & Johnson, 2006), distributionelle Cues (Mersad & Nazzi, 2012; Romberg & Saffran, 2010; Thiessen & Erickson, 2012; Thiessen & Saffran, 2003), koartikulatorische Hinweise (Johnson & Jusczyk, 2001) oder auch phonotaktische Informationen (Gonzalez-Gomez & Nazzi, 2013; Mattys & Jusczyk, 2001; Mattys et al., 1999). Dabei scheint besonders die Prosodie einer Sprache die Segmentierung für Säuglinge zu erleichtern (Jusczyk et al., 1999). Crosslinguistische Studien konnten zeigen, dass Säuglinge zunächst eine sprachunabhängige Sensitivität für prosodische Informationen haben. Im Laufe des ersten Lebensjahres verschiebt sich diese hin zu einer Präferenz für das muttersprachliche Wortbetonungsmuster (Höhle et al., 2009; Jusczyk, Cutler, et al., 1993; Jusczyk, Friederici, Wessels, Svenkerud & Jusczyk, 1993; Pons & Bosch, 2010); Nachweis auch durch elektrophysiologische Daten: (Friederici et al., 2007; Goyet et al., 2010).

Eine Vielzahl von Studien untersuchte, basierend auf der wegweisenden Studie von Jusczyk & Aslin (1995), die frühen Wortsegmentierungsfähigkeiten bei monolingual aufwachsenden Säuglingen in verschiedenen Sprachen. Dabei wurde als Methode überwiegend das Headturn Preference Paradigma (HPP) genutzt, in welchem die Orientierungszeiten des Säuglings zu zwei verschiedenen Stimulustypen gemessen werden. Es folgt ein Überblick über wesentliche Studien die die Segmentierungsfähigkeiten von monolingual aufwachsenden Säuglingen untersuchten.

Jusczyk, Houston & Newsome (1999) testeten Englisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 7,5 Monaten mit dem HPP. Die Säuglinge wurden mit isolierten Wörtern familiarisiert und anschließend auf Sätze, die je einmal das Zielwort enthielten, getestet. Die Ergebnisse zeigten, dass 7,5 Monate alte Englisch lernende Säuglinge trochäische Zielwörter aus dem Sprachstrom segmentieren können. Englischsprachige Säuglinge sind im Alter von 7,5 Monaten demnach sensibel für das typische Wortbetonungsmuster ihrer Muttersprache (d. h. zweisilbige Wörter mit trochäischem Betonungsmuster). Daten anderer Sprachen mit einem überwiegend trochäischem Betonungsmuster zeigten vergleichbare Ergebnisse. So sind Niederländisch und auch Deutsch lernende Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der Lage zweisilbige Wörter aus dem Sprachstrom zu segmentieren (Bartels et al., 2009; Kooijman et al., 2005; Kuijpers et al., 1998). Erhält das trochäische Zielwort eine zusätzliche prosodische Akzentuierung, zeigen deutschsprachige Säuglinge bereits im Alter von 6 Monaten eine erfolgreiche Segmentierung. Französische Säuglinge segmentieren im Alter von 8 Monaten zweisilbige Wörtern aus dem Sprachstrom (Nazzi et al., 2014). Da das Französische, im Gegensatz zum Deutschen oder Englischen, silbenzählend ist und keine lexikalische Betonung aufweist, wird davon ausgegangen, dass französischsprachige Säuglinge eine silbenbasierte bzw. eine auf distributionellen Informationen ausgerichtete Segmentierungsprozedur nutzen um Wortgrenzen im Input zu finden (Nazzi et al., 2014; Polka & Sundara, 2012). Insgesamt deuten die Ergebnisse der oben genannten Studien darauf hin, dass sich Segmentierungsprozeduren an den rhythmischen Eigenschaften der jeweiligen Muttersprache orientieren und sich im Verlauf des Spracherwerbs eine sprachspezifische Sensitivität für prosodische Cues entwickelt (Cutler, Mehler, Norris & Segui, 1992; Jusczyk, Cutler, et al., 1993).

Dass diese Ausrichtung auf die rhythmischen Eigenschaften der Muttersprache auch zu einer sprachspezifischen Nutzung der prosodischen Cues führt, zeigten Polka & Sundara (2012). Die Autorinnen untersuchten die Wortsegmentierungsfähigkeiten von monolingual aufwachsenden Säuglingen mit verschiedenen Muttersprachen (Kanadisch-Französisch bzw. Kanadisch-Englisch). Kanadisch-Französisch (silbenzählend) und Kanadisch-Englisch (akzentzählend) gehören unterschiedlichen Rhythmusklassen an (Abercrombie, 1967). Angenommen wird für die Segmentierung des Kanadisch-Englischen eine akzentbasierte,

prosodische Segmentierung. Wohingegen Säuglinge, die Kanadisch-Französisch als Muttersprache erlernen, wie oben beschrieben, distributionelle Eigenschaften der Sprache nutzen um Wortgrenzen im Sprachstrom zu identifizieren. Polka & Sundara (2012) zeigten, dass sowohl Kanadisch-Französische als auch Kanadisch-Englische Säuglinge im Alter von 8 Monaten in der Lage sind zweisilbige Wörter aus ihrer jeweiligen Muttersprache zu segmentieren. Jedoch konnte eine Segmentierung von Zweisilbern aus der jeweils anderen Sprache nicht nachgewiesen werden, d. h. beide Gruppen waren nicht in der Lage ihre Segmentierungsprozedur auf die unbekannte, nicht-native Sprache anzupassen.

Diese Ergebnisse stimmen mit der von Jusczyk, Houston & Newsome (1999) angenommenen Rhythmushypothese überein, nach der eine sprachübergreifende Segmentierung nur dann möglich ist, wenn die nicht-native Sprache die rhythmischen Eigenschaften der Muttersprache teilt. Nachweise für eine erfolgreiche crosslinguistische Segmentierung von Sprachen der gleichen Rhythmusklasse liefern Studien mit akzentzählenden Sprachen: Höhle (2002) konnte eine erfolgreiche Segmentierung deutscher Stimuli mit englischsprachigen Säuglingen nachweisen und Houston, Jusczyk, Kuijpers, Coolen & Cutler (2000) zeigten in einer vergleichbaren Studie, dass Englisch aufwachsende Säuglinge in der Lage sind zweisilbige, trochäische Wörter im Niederländischen zu segmentieren. Pelucchi, Hay & Saffran (2009) untersuchten erstmals sprachübergreifende Segmentierungsfähigkeiten in den rhythmisch differenten Sprachen Englisch (akzentzählend) und Italienisch (silbenzählend). Die Autor:innen fanden Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung der italienischen Stimuli durch englischsprachige Säuglinge - ein Ergebnis welches zunächst gegen die Annahme der Rhythmushypothese spricht. Jedoch weist das Italienische, ebenso wie Englisch, eine überwiegend trochäische Betonung auf zweisilbigen Wörtern auf. Daher könnte das für Englisch aufwachsende Säuglinge vertraute trochäische Betonungsmuster in den italienischen Stimuli zu einer erfolgreichen Segmentierung geführt haben.

Insgesamt stützen bisherige Ergebnisse zu sprachübergreifenden Segmentierungsfähigkeiten die von Jusczyk et al. (1999) angenommene Rhythmushypothese. Ergebnisse von Thiessen & Saffran (2003) zeigten jedoch, dass auch englischsprachige Säuglinge bereits mit 7 Monaten distributionelle Cues (z. B. Übergangswahrscheinlichkeiten) im

Sprachstrom wahrnehmen und zur Segmentierung nutzen und sich erst mit 9 Monaten überwiegend auf prosodische Cues bei der Segmentierung stützen. Die Autor:innen gehen von einer Phase der bevorzugten Nutzung von distributionellen Cues aus, bevor im weiteren Verlauf der Sprachentwicklung besonders prosodische Cues genutzt werden. Diese Veränderung in der Gewichtung der zur Verfügung stehenden Cues im Sprachsignal erklären die Autor:innen vor dem Hintergrund bereits vorhandener Fähigkeiten des Säuglings. Um prosodische Cues zur Segmentierung nutzen zu können, muss zunächst das sprachdominante Wortbetonungsmuster erkannt werden, wohingegen die Berechnung von Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen Silben und Wörtern kein spezifisches Sprachwissen erfordert und somit von Beginn an zur Verfügung stehen könnte. Weitere Evidenz für diese Annahme liefern die Ergebnisse von Thiessen & Erickson (2012) und Johnson & Seidl (2009). Dass diese Annahme jedoch möglicherweise nicht für alle Sprachen gilt, zeigen Ergebnisse im Deutschen.

Für Deutsch aufwachsende Säuglinge konnte eine anfänglich überwiegende Nutzung von distributionellen Cues und das spätere „Umschwenken“ auf prosodische Cues nicht bestätigt werden (Marimon, 2019). Jedoch zeigten Marimon, Höhle & Langus (2022), dass 9 Monate alte Deutsch aufwachsende Säuglinge sowohl prosodische als auch distributionelle Cues zur Segmentierung nutzen.

In Experiment 1 der vorliegenden Arbeit wurden daher die crosslinguistischen Segmentierungsfähigkeiten von monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen in einer rhythmisch differenten Sprache untersucht. Die Studie untersucht, inwieweit deutschsprachige Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der Lage sind zweisilbige Wörter in der rhythmisch differenten Sprache Französisch zu segmentieren - eine Sprache, die keine lexikalische Betonung aufweist und somit Wortgrenzen nicht durch prosodische Cues, jedoch beispielsweise durch distributionelle Cues markiert werden.

Vor dem Hintergrund der oben beschriebenen Wortsegmentierungsfähigkeiten monolingual aufwachsender Säuglinge, ist unklar inwieweit bilinguale Säuglinge, die rhythmisch unterschiedliche Sprachen erlernen, vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten in beiden Muttersprachen entwickeln. Eine erfolgreiche Segmentierung beider rhythmisch differenten Sprachen erfordert mitunter das Nutzen verschiedener Segmentierungsprozeduren. Die

Nutzung nur einer Segmentierungsprozedur könnte zu einem Erwerbsnachteil für eine der beiden Sprachen führen, zum Beispiel dann, wenn Wortgrenzen in beiden Sprachen durch unterschiedliche, sprachspezifische Cues markiert werden. Ergebnisse bisheriger Studien, die die Wortsegmentierungsfähigkeiten von bilingual aufwachsenden Säuglingen für verschiedene Sprachpaare untersuchten, können diese Frage nicht vollständig beantworten. Bosch et al. (2013) untersuchten die Wortsegmentierungsfähigkeiten von 6 und 8 Monate alten Spanisch-Katalanisch aufwachsenden Säuglingen mithilfe des HPP. Für beide Altersgruppen zeigte sich Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung einsilbiger Zielwörter in der jeweils dominanten Sprache. Die Autor:innen testeten die Säuglinge dieser Studie jedoch nur in deren dominanter Sprache. Singh & Foong (2012) zeigten in einer HPP Studie, dass Englisch-Mandarin lernende Säuglingen im Alter von 7,5 Monaten einsilbige Zielwörter in beiden Muttersprachen segmentieren.

Die Segmentierung von zweisilbigen Zielwörtern untersuchten Polka, Orena, Sundara & Worrall (2017) in einer HPP Studie mit (Kanadisch-) Englisch-Französisch aufwachsenden Säuglingen im Alter von 9 Monaten. Kanadisch-Englisch und Kanadisch-Französisch gehören, wie oben erwähnt, zu unterschiedlichen Rhythmusklassen (Abercrombie, 1967). Um beide Sprachen (d. h. Englisch und Französisch) innerhalb einer Sitzung zu testen, adaptierten die Autor:innen den Ablauf eines Standard-HPP-Experiments, so dass jeder Säugling eine Familiarisierung und eine Testphase pro Sprache durchlief (*Dual Language Task*). Die Säuglinge wurden mit französischen und englischen Textpassagen familiarisiert und im Anschluss auf Wortlisten, die familiarisierte und nicht-familiarisierte Wörter enthielten, getestet. Die bilingualen Säuglinge zeigten nur für das Französische eine erfolgreiche Segmentierung und auch nur, wenn es zuerst getestet wurde. Ein Einfluss der Sprachdominanz auf dieses Ergebnis zeigte sich nicht, da sowohl die Englisch-dominanten als auch die Französisch-dominanten Säuglinge nur die französischen Stimuli segmentierten. Die Ergebnisse von Polka et al. (2019) deuten darauf hin, dass Bilinguale nur eine Segmentierungsprozedur für beide Sprachen nutzen und sie nicht sprachabhängig zwischen zwei oder mehreren Segmentierungsprozeduren wechseln.

Ergebnisse von Orena & Polka (2019), die ebenfalls Englisch-Französisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 8 und 10 Monaten mit dem HPP untersuchten, deuten jedoch auf

einen Einfluss von Sprachdominanz und Sprachmischung auf die Segmentierungsfähigkeiten von bilingual aufwachsenden Säuglingen. Die Autor:innen fanden in beiden Altersgruppen Evidenz für die erfolgreiche Segmentierung von zweisilbigen Zielwörtern in der dominanten Sprache, unabhängig von der Menge an Sprachmischung die bilinguale Säuglinge im Input durch Bezugspersonen hören. Jedoch konnte für die Gruppe von Bilingualen, die einer stärkeren Sprachmischung durch Bezugspersonen ausgesetzt war, eine erfolgreiche Segmentierung auch in ihrer nicht-dominanten Sprache nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Variabilität des Sprachinputs die Wortsegmentierungsfähigkeiten von bilingual aufwachsenden Säuglingen beeinflusst.

Aufgrund der bisherigen Datenlage bleibt die Frage, ob bilingual aufwachsende Säuglinge vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten in beiden Muttersprachen entwickeln, größtenteils unbeantwortet, da in den bisherigen Studien Segmentierungseffekte entweder nur in einer der beiden Muttersprachen bzw. nur in einzelnen bilingualen Subgruppen gefunden wurden. Experiment 2 der vorliegenden Arbeit untersuchte daher die Segmentierungsfähigkeiten von 9 Monate alten Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen in beiden Muttersprachen mithilfe des HPP. Das Sprachpaar Deutsch-Französisch stellt in Bezug auf die rhythmischen Sprachtypen (Abercrombie, 1967) einen besonders interessanten Vergleich dar. Deutsch als akzentzählende Sprache und Französisch als silbenzählende Sprache unterscheiden sich hinsichtlich der möglichen Segmentierungsprozeduren, da eine auf prosodischen Cues ausgerichtete Segmentierung zwar im Deutschen, jedoch nicht im Französischen erfolgreich wäre. Das Französische weist, im Gegensatz zum Deutschen, keine lexikalische Betonung auf, so dass Wortgrenzen nicht über prosodische Cues gefunden werden können¹. Die vorliegende Studie soll neue Erkenntnisse auf die Frage liefern, ob bilingual aufwachsende Säuglinge vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten in beiden Muttersprachen entwickeln. Darüber hinaus wurde untersucht, ob ein ausgeglichener Input in beiden Muttersprachen gegenüber einer unbalancierten Bilingualität die Fähigkeit beeinflusst Wortgrenzen in beiden Muttersprachen zu identifizieren.

¹ Einzig an Phrasengrenzen, die mit einer Wortgrenze zusammenfallen, markieren prosodische Cues auch im Französischen eine Wortgrenze.

2.2 Experiment 1: Methoden

2.2.1 Probanden

In Experiment 1 wurden 24 monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge im Alter von 9 Monaten (Durchschnittsalter: 9;01 Monate; Altersspanne: 8;20 - 9;17 Monate, 11 Jungen) untersucht. Jeder der Säuglinge wurde aus monolingual deutschsprachigen Familien in Berlin rekrutiert. Sieben weitere Säuglinge wurden getestet, jedoch aufgrund folgender Ausschlusskriterien nicht in die Analyse mit aufgenommen: Weinen/Unruhe (5), technische Probleme (1) und Einschlafen (1). Für alle Säuglinge liegt eine schriftliche Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten zur Studienteilnahme und der Nutzung der erhobenen Daten vor. Das experimentelle Verfahren wurde durch die Ethik-Kommission der Universität Potsdam genehmigt.

2.2.2 Stimuli

Die französischen Stimuli für dieses Experiment bestanden aus dem von Polka & Sundara (2012) erstellten Sprachmaterial. Die Stimuli wurden von einer bilingualen Muttersprachlerin (kanadisches Englisch-Französisch) in kindgerichteter Art und Weise gesprochen. Das Material bestand aus vier Textpassagen mit jeweils sechs Sätzen und vier zweisilbigen Zielwörtern (d. h. „bérets“, „surprises“, „devis“ und „guitares“). In jeder Textpassage kam das jeweilige Zielwort einmal pro Satz an einer von drei möglichen Satzpositionen (Anfang/Mitte/Ende) vor. Da jede Textpassage aus sechs Sätzen bestand, wurde das jeweilige Zielwort zweimal an jeder Satzposition präsentiert. Zusätzlich wurden für die Testphase isolierte Token der einzelnen Zielwörter durch die gleiche Sprecherin aufgenommen. Die Textpassagen des französischen Materials sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

Table 2.1 Textpassagen des französischen Materials

Elle a sorti ses belles **guitares**. Trois **guitares** ne seraient pas assez. Il faut d'autres **guitares** pour la fête. Ne faites pas trop attention aux **guitares**. On voit plusieurs **guitares** avant de choisir. Les **guitares** ne sont pas accordées.

La mode es aux **bérets** at autres chapeaux. Plusieurs **bérets** sont encore en vente. Ces jolis **bérets** sont à ma soeur. Elle a besoin de trois **bérets**. Ill faut mettre les **bérets** sur la table. On va apporter d'autres **bérets**.

Voici de belles **surprises** pour vous. Il a voulu faire plusieurs **surprises**. D'autres **surprises** risquent encore de se produire. Les **surprises** sont faciles à éviter. Mieux vaut deux que trois **surprises**. Il s'attend aux **surprises** à venir.

Les **devis** reçus sont raisonnables. Elle a d'autres **devis** à envoyer. On doit faire confiance aux **devis**. Il y a trois **devis** posés sur la table. Voilà de bien beaux **devis**. Plusieurs **devis** sont falsifiés.

Die Dauer der vier Textpassagen (Mittelwert: 18,3 s, Spanne: 17,8-19,2 s) beziehungsweise der vier Wortlisten (Mittelwert: 20,6 s, Spanne: 20,2-21,5 s) war über alle Passagen und Wortlisten hinweg vergleichbar. Jede Wortliste enthielt zwischen 13 und 17 Wiederholungen des Zielwortes. Für die Zielwörter, die innerhalb von Sätzen präsentiert wurden, zeigte sich gegenüber den isoliert produzierten Zielwörtern eine verkürzte Dauer (durchschnittliche Dauer: 432 ms in Textpassagen gegenüber 540 ms in Wortlisten). Die akustische Analyse der Zielwörter ergab bei den Zweisilbern innerhalb der Textpassagen eine verlängerte zweite Silbe im Vergleich zur ersten Silbe und bei den isolierten Tokens aus den Wortlisten eine verlängerte und leicht im Pitch ansteigende zweite Silbe, was auf ein jambisches Betonungsmuster hindeutet. Eine detaillierte Übersicht der akustischen Informationen findet sich in Tabelle 2.2. Werte der ersten und zweiten Silbe, die sich signifikant unterscheiden, sind hervorgehoben.

Table 2.2 Akustische Informationen der französischen Stimuli

Akustische Analyse	Erste Silbe	Zweite Silbe
Textpassagen		
Dauer (ms)	187	336
Amplitude (dB)	73	72
Pitch (Hz)	231	243
Wortlisten		
Dauer (ms)	259	515
Amplitude (dB)	73	75
Pitch (Hz)	234	256

2.2.3 Verfahren

Die monolingual deutsch aufwachsenden Säuglinge wurden mit einer verkürzten Variante des Standard Headturn Preference Paradigmas (HPP) getestet, d. h. jeder Säugling wurde mit nur einer Testpassage familiarisiert und im Anschluss auf zwei Wortlisten (familiarisiert vs. nicht-familiarisiert) getestet. Diese Anpassung erfolgte um den Ablauf des Experiments und die Anforderung der Segmentierungsaufgabe vergleichbar zu der der bilingual aufwachsenden Säuglinge zu halten, die innerhalb nur einer Sitzung in beiden Muttersprachen getestet wurden (Experiment 2). Der weitere Ablauf in der Familiarisierungs- und Testphase entsprach dem Vorgehen einer Standard-HPP-Messung.

Während der Messung sitzt das Kind auf dem Schoß der Bezugsperson in der Testkabine. Hinter den zwei Seitenwänden der Kabine sind zwei Lautsprecher etwa auf Höhe des Kopfes des Kindes montiert. An jeder der Seitenwände befindet sich innerhalb der Kabine nahe des Lautsprechers eine kleine rote Lampe. Auf der dem Kind direkt gegenüber befindlichen Wand ist etwa auf Augenhöhe eine kleine grüne Lampe angebracht. Zu Beginn eines jeden Trials blinkt die grüne Lampe um die Blickrichtung des Kindes nach vorn zu richten. Sobald das Kind die grüne Lampe fixiert, wird diese ausgeschaltet und eine der beiden roten Lampen beginnt zu blinken. Wendet das Kind nun seinen Kopf und damit den Blick auf diese Seite wird der auditive Stimulus präsentiert. Der Stimulus wird solange präsentiert bis sich das Kind für mindestens zwei Sekunden abwendet bzw. bis der gesamte Stimulus dieses Trials präsentiert wurde. Gemessen wird die Orientierungszeit (= Blickdauer), die das Kind für jede der zwei Bedingungen (= Stimulustypen) zeigt. Die Messung der Orientierungszeit beruht auf dem visuellen Aufmerksamkeitsparadigma, nach dem Säuglinge ihren Kopf in die Richtung einer Geräuschquelle drehen. Dabei zeigt die Orientierungszeit zu einem akustischen Reiz dessen sprachliche Verarbeitung an.

Jeder Säugling wurde mit einer Textpassage familiarisiert und anschließend auf zwei Wortlisten getestet. Die Verteilung der verschiedenen Textpassagen und Wortlisten erfolgte gleichmäßig über alle Säuglinge, d. h. die Hälfte der Säuglinge hörte die Wortlisten „guitare“ und „devis“ und die andere Hälfte die Wortlisten „bérets“ und „surprise“. Die Familiarisierungszeit betrug 45 Sekunden, so dass jedes Zielwort mindestens 12 mal innerhalb der Familiarisierung präsentiert wurde. Direkt im Anschluss folgte die Testphase,

in der zwei verschiedene Wortlisten präsentiert wurden: eine mit verschiedenen Tokens des familiarisierten Zielwortes und eine Liste mit Tokens eines neuen, unbekanntes Zweisilbers (= eines der nicht-familiarisierten Wörter aus dem Viererset). Jedem Säugling wurden acht Trials in einer semi-randomisierten Reihenfolge präsentiert (nicht mehr als zwei Trials derselben Bedingung nacheinander). Das Experiment dauerte etwa fünf Minuten. Zeigte ein Säugling in einem Trial eine Orientierungszeit von weniger als 1,5 Sekunden, wurde dieser Trial nicht in die Analyse mit aufgenommen.

2.3 Experiment 1: Ergebnisse

Für alle Säuglinge wurden die durchschnittlichen Orientierungszeiten für die familiarisierten und nicht-familiarisierten Wortlisten ermittelt. Anschließend wurden die Orientierungszeiten log-transformiert (Csibra, Hernik, Mascaro, Tatone & Lengyel, 2016), da diese naturgemäß keine Normalverteilung, sondern eine rechtsschiefe Verteilung aufweisen. Dies macht sie formal ungeeignet für parametrische statistische Analysen, wie beispielsweise die Varianzanalyse (ANOVA) oder den t-Test.

Ein gepaarter t-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied in den Orientierungszeiten der Deutsch aufwachsenden Säuglinge zwischen familiarisierten und nicht-familiarisierten Zweisilbern im Französischen [$F(1,23) = 0.07$, $p = 0.79$]. Die durchschnittlichen Orientierungszeiten sind in Abbildung 2.1 dargestellt.

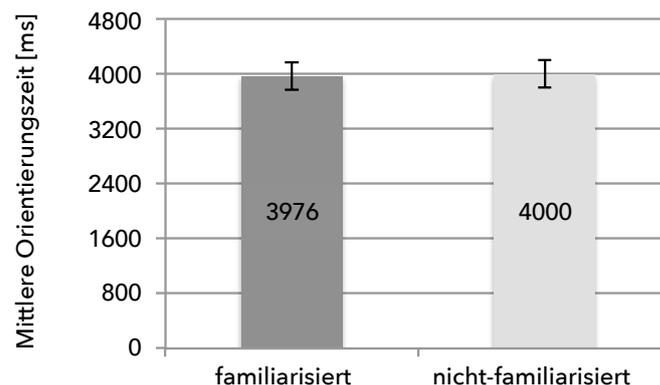


Abbildung 2.1 Testphase Experiment 1

Durchschnittliche Orientierungszeiten für familiarisierte und nicht-familiarisierte Zweisilber der 9 Monate alten Deutschen monolingualen Säuglinge. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar.

2.4 Experiment 1: Diskussion

In der vorliegenden behavioralen Studie wurden die Wortsegmentierungsfähigkeiten von 9 Monate alten Deutsch aufwachsenden Säuglingen für die nicht-native Sprache Französisch untersucht. Es konnte kein Nachweis einer erfolgreichen Segmentierung der französischen Zweisilber durch deutschsprachige Säuglinge erbracht werden.

Die Ergebnisse des Experiments 1 sind vergleichbar mit denen der crosslinguistischen Untersuchung von Polka & Sundara (2012). Die Autorinnen fanden keine Evidenz für eine erfolgreiche crosslinguistische Segmentierung mit Englisch bzw. Französisch aufwachsenden Säuglingen. Keine der beiden Gruppen war in der Lage Zweisilber aus der jeweils anderen Sprache zu segmentieren. Insgesamt deuten die Ergebnisse der vorliegenden Studie und die der Untersuchung von Polka & Sundara (2012) darauf hin, dass Segmentierungsfähigkeiten von 8-9 Monate alten Säuglingen, die entweder eine akzentzählende oder silbenzählende Sprache erwerben, sprachspezifisch sind.

Darüber hinaus stützen die Ergebnisse die Annahme der Rhythmushypothese (Jusczyk et al., 1999), nach der Segmentierungsprozeduren auf rhythmisch ähnliche, jedoch nicht auf rhythmisch unähnliche Sprachen angewendet werden können. Die in dem vorliegenden Experiment verwendete Sprachen Deutsch und Französisch werden zu unterschiedlichen Rhythmusklassen gezählt (Abercrombie, 1967). Daher wird für Deutsch als akzentzählende Sprache eine akzentbasierte, prosodische Segmentierungsprozedur angenommen (Cutler et al., 1992). Demgegenüber wird für Französisch (silbenzählend) eine Segmentierung mit dem Fokus auf distributionelle Informationen angenommen (Nazzi et al., 2014; Polka & Sundara, 2012). Obwohl deutschsprachige Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der Lage sind sowohl prosodische als auch distributionelle Cues für die Segmentierung zu nutzen (Marimon et al., 2022), deuten die Ergebnisse aus Experiment 1 darauf hin, dass die Säuglinge der vorliegenden Studie diese Fähigkeit nicht auf die nicht-native Sprache Französisch anwenden konnten.

Demgegenüber zeigen Daten aus Studien mit rhythmisch ähnlichen Sprachen Evidenzen für eine erfolgreiche Anwendung der muttersprachlichen Segmentierungsprozeduren auf eine nicht-native Sprache (Englisch/Deutsch: Höhle, 2002, Niederländisch/Englisch: Houston, Jusczyk, Kuijpers, Coolen & Cutler, 2000).

Zusammenfassend liefern die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit 9 Monate alten Deutsch aufwachsenden Säuglingen weitere Evidenz für die Annahme der Rhythmushypothese von Jusczyk, Houston & Newsome (1999).

2.5 Experiment 2: Methoden

2.5.1 Probanden

In Experiment 2 wurden 24 bilingual Deutsch-Französisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 9 Monaten (Durchschnittsalter: 8;28 Monate; Altersspanne: 8;09 - 9;15 Monate, 14 Jungen) untersucht. Jeder der Säuglinge wurde in Berlin geboren und aus Deutsch-Französisch sprechenden Familien rekrutiert. Fünf weitere Säuglinge wurden getestet, jedoch aufgrund folgender Ausschlusskriterien nicht in die Analyse mit aufgenommen: Weinen/Unruhe (5). Für alle Säuglinge liegt eine schriftliche Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie sowie zur Nutzung der erhobenen Daten vor. Das experimentelle Verfahren wurde durch die Ethik-Kommission der Universität Potsdam genehmigt.

Der sprachliche Hintergrund der bilingualen Säuglinge wurde mithilfe eines detaillierten Fragebogens ermittelt, der den Input jedes Säuglings in beiden Sprachen durch Interaktionen mit den Bezugspersonen in einer typischen Woche abschätzte. Der Input der Bezugspersonen wurde pro Sprache und pro Tag über den Zeitraum einer Woche gemittelt. Es wurden ausschließlich simultan bilinguale Säuglinge (Input in beiden Sprachen von Geburt an) in die Studie aufgenommen. Basierend auf dem Verhältnis des Inputs in beiden Sprachen konnten drei Subgruppen gebildet werden (Tabelle 2.3). Die Klassifizierung der balancierten Bilingualen orientierte sich an Bosch & Sebastián-Gallés (2003). Alle Säuglinge dieser Studie erfüllten zusätzlich die an Byers-Heinlein, Morin-Lessard, & Lew-Williams (2017) orientierten Kriterien für Bilingualität: Der Input in beiden Sprachen betrug 25 % - 75 % und sie hatten keine systematische Exposition gegenüber einer dritten Sprache.

Tabelle 2.3 Subgruppen der Deutsch-Französisch Bilingualen

Unbalancierte Bilinguale mit französischer Sprachdominanz (UBF)	Balancierte Bilinguale (BB)	Unbalancierte Bilinguale mit deutscher Sprachdominanz (UBD)
< 35 % Input in Deutsch	35 % - 65 % Input in Deutsch und Französisch	< 35 % Input in Französisch
n = 12	n = 8	n = 4

2.5.2 Stimuli

Es wurden die französischen Stimuli wie in Experiment 1 (siehe 2.2.2) genutzt. Die deutschen Stimuli bestanden aus dem Sprachmaterial von Bartels, Darcy & Höhle (2009). Die Stimuli bestanden aus vier Textpassagen mit je sechs Sätzen und vier zweisilbigen Zielwörtern (d. h. „Balken“, „Pinsel“, „Felsen“ und „Kurbel“) und wurden von einer monolingualen Sprecherin des Deutschen in kindgerichteter Art und Weise gesprochen. In jeder Textpassage kam das Zielwort einmal in jedem Satz an einer der drei möglichen Satzpositionen (Anfang, Mitte, Ende) vor. An jeder Position wurde das Zielwort zweimal innerhalb einer Textpassage präsentiert. Für die Testphase wurden zusätzlich isolierte Token jedes zweisilbigen Zielworts durch die Sprecherin aufgenommen.

Tabelle 2.4 gibt einen Überblick über die in Experiment 2 genutzten Textpassagen des deutschen und des französischen Materials.

Tabelle 2.4 Textpassagen des französischen und deutschen Materials

Französische Textpassagen

Elle a sorti ses belles **guitares**. Trois **guitares** ne seraient pas assez. Il faut d'autres **guitares** pour la fête. Ne faites pas trop attention aux **guitares**. On voit plusieurs **guitares** avant de choisir. Les **guitares** ne sont pas accordées.

La mode es aux **bérets** at autres chapeaux. Plusieurs **bérets** sont encore en vente. Ces jolis **bérets** sont à ma soeur. Elle a besoin de trois **bérets**. Ill faut mettre les **bérets** sur la table. On va apporter d'autres **bérets**.

Voici de belles **surprises** pour vous. Il a voulu faire plusieurs **surprises**. D'autres **surprises** risquent encore de se produire. Les **surprises** sont faciles à éviter. Mieux vaut deux que trois **surprises**. Il s'attend aux **surprises** à venir.

Les **devis** reçus sont raisonnables. Elle a d'autres **devis** à envoyer. On doit faire confiance aux **devis**. Il y a trois **devis** posés sur la table. Voilà de bien beaux **devis**. Plusieurs **devis** sont falsifiés.

Deutsche Textpassagen

Der **Balken** lag quer über dem tiefen Abgrund. Es war ein sehr breiter und stabiler **Balken**. Über diesen **Balken** spazierten die Wanderer auf die andere Seite des Tales. Manchmal liefen auch Kinder den **Balken** entlang. Auf dem dicken **Balken** zu spielen war sehr gefährlich. Zum Glück ist noch nie ein Kind vom **Balken** gefallen.

Eine **Kurbel** stand in dem klapprigen Schuppen. Der Junge wollte unbedingt an der **Kurbel** drehen. Doch die **Kurbel** war völlig eingerostet und bewegte sich nicht. Das Kind holte seinen Vater zu der alten **Kurbel**. Er schmierte unsere **Kurbel** mit fettigem Öl aus einer schwarzen Kanne. Jetzt ist diese **Kurbel** wieder kinderleicht zu bedienen.

Der **Pinsel** lag in der hintersten Ecke der hölzernen Schublade. Das Mädchen wollte mit **Pinsel** und Farbe ein buntes Bild malen. Sie suchte ihren **Pinsel** im ganzen Kinderzimmer. Schließlich fand sie den **Pinsel** in ihrem Schreibtisch. Doch dieser alte **Pinsel** hatte kaum noch Borsten. So musste das Kind erst einen neuen **Pinsel** kaufen.

Ein **Felsen** ragte hoch aus der Umgebung empor. Ein kleiner Bach floss unten am **Felsen** entlang. Auf dem **Felsen** stand ein verwünschtes Schloss. Viele Besucher stiegen auf den riesigen **Felsen** hinauf. Vom **Felsen** aus konnte man die ganze Landschaft überblicken. Am Abend war dieser **Felsen** wieder allein in der untergehenden Sonne.

Die Dauer der deutschen Textpassagen (Mittelwert: 19,05 s, Spanne: 18,65-19,34 s) und der Wortlisten (Mittelwert: 20,38 s, Bereich: 20,00-21,04 s) war konsistent und vergleichbar mit denen des französischen Sprachmaterials. Die Wortlisten enthielten zwischen 16 und 18 verschiedene Tokens eines Zielwortes. Für die Zielwörter innerhalb der Sätze zeigte sich im Vergleich zu den isoliert produzierten Zielwörtern der Testphase eine kürzere Dauer (Durchschnittsdauer: 329 ms in Textpassagen vs. 532 ms in Wortlisten). Die weitere akustische Analyse der deutschen Stimuli zeigte das typische Muster für trochäische

Zweiselber, sowohl für die isolierten als auch die in Sätzen eingebetteten Zielwörter. So war die erste Silbe gekennzeichnet durch eine längere Dauer und höhere Amplitude gegenüber der zweiten Silbe. Tabelle 2.5 enthält eine detaillierte Übersicht der akustischen Informationen für jede der Silben in den zweiselbigen Zielwörtern des deutschen und französischen Materials (Mittelwerte). Werte der ersten und zweiten Silbe, die sich signifikant unterscheiden, sind hervorgehoben.

Tabelle 2.5 Akustische Informationen der französischen und deutschen Stimuli

Akustische Analyse	Französisch		Deutsch	
	Erste Silbe	Zweite Silbe	Erste Silbe	Zweite Silbe
Textpassagen				
Dauer (ms)	223	355	211	118
Amplitude (dB)	73	72	76	72
Pitch (Hz)	231	243	213	237
Wortlisten				
Dauer (ms)	259	515	289	243
Amplitude (dB)	73	75	75	72
Pitch (Hz)	234	256	255	247

2.5.3 Verfahren

Die bilingualen Säuglinge wurden mit einer adaptierten Version des von Polka, Orena, Sundara & Worrall (2017) etablierten *Dual Language Task* mithilfe des HPP getestet, d. h. die Bilingualen wurden innerhalb nur einer Testsitzung in beiden Sprachen untersucht. Jeder Säugling wurde pro Sprache mit einer Textpassage familiarisiert und anschließend auf zwei Wortlisten (familiarisiert vs. nicht-familiarisiert) getestet (vgl. Experiment 1).

Die Präsentationsreihenfolge der Sprachen war innerhalb der Probanden ausgeglichen, d. h., die Hälfte der Säuglinge hörte zuerst die deutschen Stimuli und anschließend die Französischen, die andere Hälfte der Säuglinge vice versa. Die verschiedenen Textpassagen und Wortlisten wurden gleichmäßig den Probanden zugeteilt (Set 1-8). Tabelle 2.6 stellt die Verteilung der Probanden auf die verschiedenen Sets innerhalb des Experiments 2 dar.

Tabelle 2.6 Probandenverteilung Experiment 2

Darstellung der Verteilung der Probanden auf insgesamt acht Sets, die je eine Familiarisierungsphase und eine Testphase pro Sprache enthalten. Jedes Set wurde von 3 Probanden gehört (n).

Set	Sprache	Familiarisierung (Textpassagen)	Testphase (Wortlisten)	n
1	Französisch	Bérets	Bérets vs. Surprises	3
	Deutsch	Balken	Balken vs. Pinsel	
2	Französisch	Guitares	Guitares vs. Devis	3
	Deutsch	Felsen	Felsen vs. Kurbel	
3	Französisch	Surprises	Surprises vs. Bérets	3
	Deutsch	Pinsel	Pinsel vs. Balken	
4	Französisch	Devis	Devis vs. Guitares	3
	Deutsch	Kurbel	Kurbel vs. Felsen	
5	Deutsch	Balken	Balken vs. Pinsel	3
	Französisch	Bérets	Bérets vs. Surprises	
6	Deutsch	Felsen	Felsen vs. Kurbel	3
	Französisch	Guitares	Guitares vs. Devis	
7	Deutsch	Pinsel	Pinsel vs. Balken	3
	Französisch	Surprises	Surprises vs. Bérets	
8	Deutsch	Kurbel	Kurbel vs. Felsen	3
	Französisch	Devis	Devis vs. Guitares	

Der Ablauf des Experiments war für beide Sprachen gleich: In der Familiarisierungsphase der ersten Sprache hörten die Säuglinge die Textpassagen für 45 Sekunden und in der anschließenden Testphase alternierend zwei Wortlisten (familiarisiert vs. nicht-familiarisiert). Jedem Säugling wurden pro Testphase acht Trials in einer semi-randomisierten Reihenfolge präsentiert (nicht mehr als zwei Trials derselben Bedingung nacheinander). Die Familiarisierungs- und Testphase für die 2. Sprache folgte nach Abschluss der Testphase der 1. Sprache ohne Unterbrechung. Das gesamte Experiment dauert etwa 9 Minuten. Zeigte ein Säugling in einem Trial eine Orientierungszeit von weniger als 1,5 Sekunden, wurde dieser Trial nicht in die Analyse aufgenommen.

2.6 Experiment 2: Ergebnisse

Für alle 24 Säuglinge gingen die log-transformierten Orientierungszeiten für die Wortlisten mit familiarisierten und nicht-familiarisierten Zweisilbern in eine ANOVA mit den Innersubjektfaktoren Sprache (Deutsch/Französisch) und Familiarität (familiarisiert/nicht-familiarisiert) und den Zwischensubjektfaktoren Sprachreihenfolge (Sprachreihenfolge 1 (Französisch-Deutsch)/Sprachreihenfolge 2 (Deutsch-Französisch)) und Sprachdominanz (unbalancierte Bilinguale französische Sprachdominanz/balancierte Bilinguale/unbalancierte Bilinguale deutsche Dominanz) ein. Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Familiarität, d. h. es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in den Orientierungszeiten zwischen den familiarisierten und nicht-familiarisierten Wörtern [$F(1, 18) = 9.53, p = .006$] bei den 9 Monate alten Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen (Abb. 2.2). Pro Sprache hatten 17 von 24 Säuglingen längere Orientierungszeiten für die familiarisierten Wörter gegenüber den nicht-familiarisierten Wörtern. Weitere signifikante Haupteffekte zeigten sich nicht.

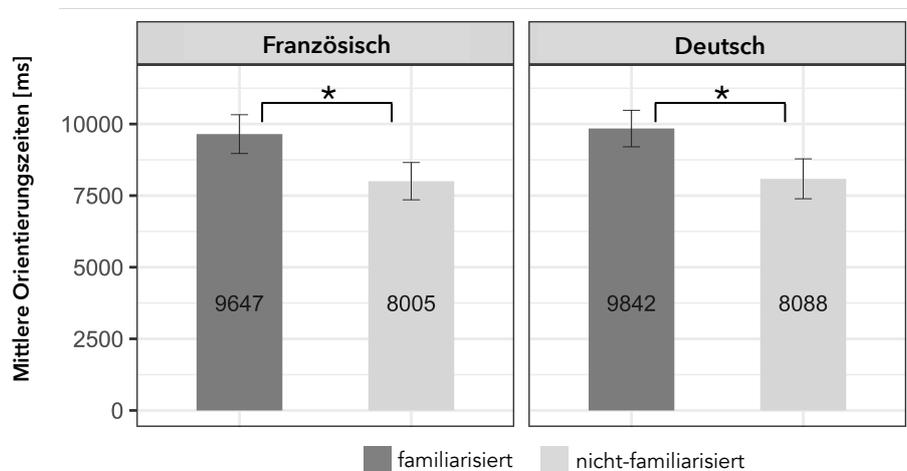


Abbildung 2.2 Testphase Experiment 2

Durchschnittliche Orientierungszeiten für familiarisierte und nicht-familiarisierte Zweisilber der Deutsch-Französisch Bilingualen in beiden getesteten Sprachen (Französisch, Deutsch). Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Der Asterisk kennzeichnet Signifikanzen mit $p < .05$.

Darüber hinaus zeigte sich eine Interaktion der Faktoren Familiarität, Sprache und Sprachreihenfolge [$F(1, 18) = 17.42, p = .001$]. Die weitere Analyse zeigte, dass die

bilingualen Säuglinge innerhalb der Sprachreihenfolge 1 (Französisch-Deutsch) unterschiedliche Orientierungszeiten für die familiarisierten Wörter gegenüber den nicht-familiarisierten Wörtern nur für die französischen Stimuli [$t = 2.23$, $df = 11$, $p = .05$], jedoch nicht für das deutsche Sprachmaterial [$t = -1.11$, $df = 11$, $p = .29$] zeigten. Innerhalb der Sprachreihenfolge 2 (Deutsch-Französisch) zeigten sich signifikante Unterschiede der Orientierungszeiten sowohl für das Deutsche [$t = 2.25$, $df = 11$, $p = .05$] als auch für das Französische [$t = 2.29$, $df = 11$, $p = .04$] (Abb. 2.3).

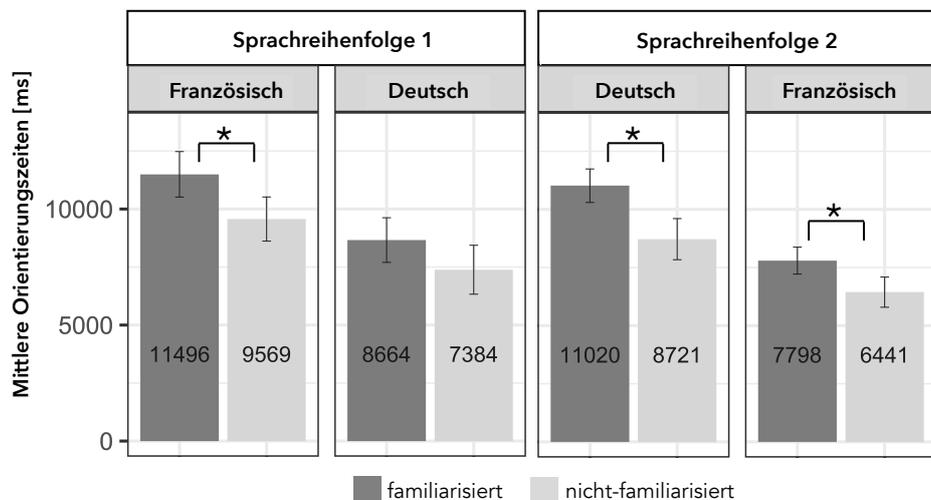


Abbildung 2.3 Testphase - Sprachreihenfolge

Durchschnittliche Orientierungszeiten für bekannte und unbekannte Zweisilber der deutsch-französisch Bilingualen in beiden getesteten Sprachen (Deutsch, Französisch) geordnet nach Sprachreihenfolge. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Der Asterisk kennzeichnet Signifikanzen mit $p < .05$.

Bei Betrachtung der individuellen Orientierungszeiten der Säuglinge in der Sprachreihenfolge 1 (Französisch/Deutsch) zeigte sich, dass 4 der 12 Säuglinge (= 1/3 der Gruppe) eine Präferenz für die nicht-familiarisierten Wörter der deutschen Stimuli zeigten (siehe Abb. 2.4). Die oben beschriebene Interaktion der Faktoren Familiarität, Sprache und Sprachreihenfolge ist daher unter Vorbehalt zu betrachten, da diese gegensätzlichen Präferenzrichtungen von den für die statistische Auswertung verwendeten Tests (ANOVA/t-Tests) nicht berücksichtigt werden.

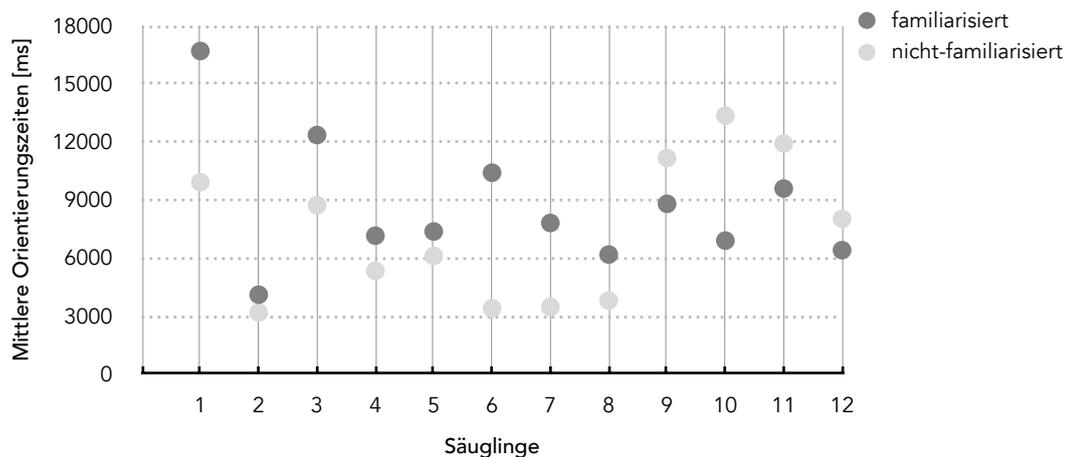


Abbildung 2.4 Individuelle Orientierungszeiten für die Sprache Deutsch in Sprachreihenfolge 1

Individuelle mittlere Orientierungszeiten für familiarisierte und nicht-familiarisierte Zweisilber der Deutsch-Französisch Bilingualen in Sprachreihenfolge 1 für die Sprache Deutsch. Die Werte der x-Achse spiegeln je einen der 12 Säuglinge dieser Gruppe wieder (1-12). Die Säuglinge 9, 10, 11 und 12 zeigten eine Präferenz für die nicht-familiarisierten Wörter.

Da von jedem Deutsch-Französisch aufwachsenden Säugling der sprachliche Hintergrund mithilfe eines detaillierten Input-Fragebogens ermittelt wurde, konnten drei Subgruppen gebildet werden: unbalancierte Bilinguale mit französischer Sprachdominanz (UBF), balancierte Bilinguale (BB) und unbalancierte Bilinguale mit deutscher Sprachdominanz (UBD). Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Interaktion der Faktoren Familiarität, Sprache und Sprachdominanz [$F(2, 18) = 4.55, p = .025$]. Aufgrund der geringen und unausgeglichene Stichprobengröße ist die statistische Analyse jedoch rein explorativ und unter Vorbehalt zu betrachten. In gepaarten t-Tests zeigte sich für die Bilingualen mit französischer Dominanz sowohl ein signifikanter Familiarisierungseffekt für das französische [$t = 2.38, df = 11, p = .04$] als auch das deutsche Material [$t = 3.07, df = 11, p = .01$]. Die Gruppe der balancierten Bilingualen zeigten nur für das Deutsche [$t = 2.55, df = 7, p = .04$] einen signifikanten Effekt, nicht jedoch für das Französische [$t = 1.32, df = 7, p = .23$]. Die Bilingualen mit deutscher Dominanz zeigten einen signifikanten Familiaritätseffekt für die französischen Stimuli [$t = 8.83, df = 3, p = .003$], jedoch keinen signifikanten Effekt für das deutsche Sprachmaterial [$t = -0.89, df = 3, p = .40$]. Die Ergebnisse dieser Interaktion sind in Abbildung 2.5 dargestellt.

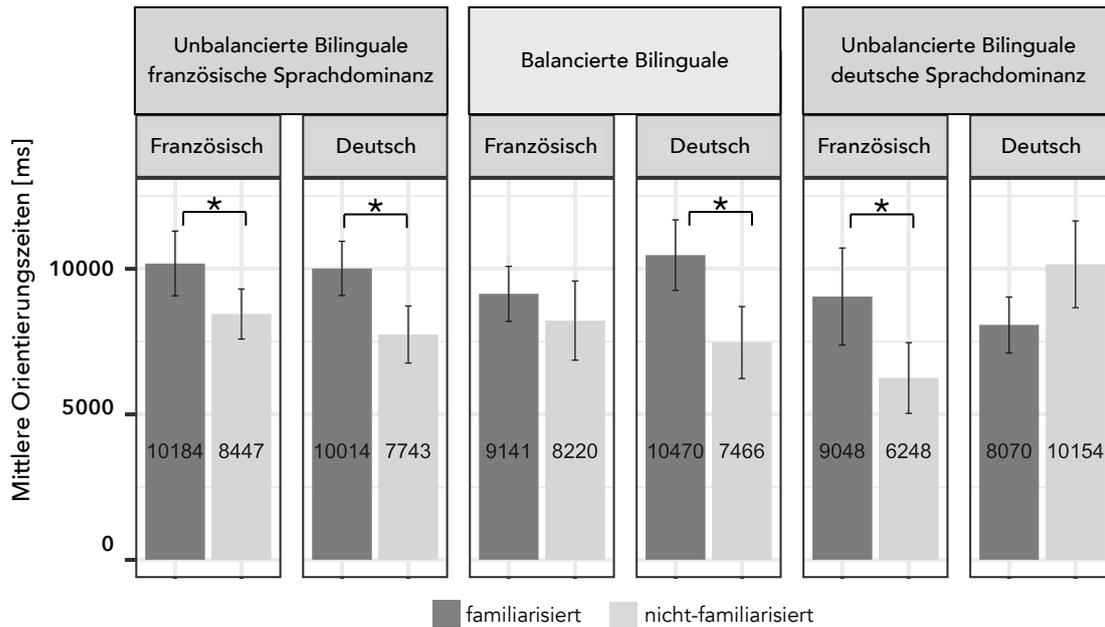


Abbildung 2.5 Testphase - Sprachdominanz

Durchschnittliche Orientierungszeiten für familiarisierte und nicht-familiarisierte Zweisilber der Deutsch-Französisch Bilingualen in beiden getesteten Sprachen (Deutsch, Französisch) geordnet nach Sprachdominanz. Die Fehlerbalken stellen den Standardfehler dar. Der Asterisk kennzeichnet Signifikanzen mit $p < .05$.

Um die heterogenen Ergebnisse innerhalb der bilingualen Subgruppen näher zu untersuchen wurden in Anlehnung an Cristia, Seidl, Singh & Houston (2016) die Orientierungszeiten für die familiarisierten und nicht-familiarisierten Wörter eines jeden Säuglings in Präferenzquotienten (PQ) übertragen. Dafür wurden die mittleren Orientierungszeiten für die familiarisierten Wörter von denen der nicht-familiarisierten Wörter subtrahiert und anschließend durch die Summe dieser dividiert.

$$PQ = \frac{(OZ_n - OZ_f)}{(OZ_n + OZ_f)}$$

OZ_u = Orientierungszeit für nicht-familiarisierte Zweisilber

OZ_f = Orientierungszeit für familiarisierte Zweisilber

Der so ermittelte PQ-Wert repräsentiert den Unterschied zwischen den beiden Stimulustypen (familiarisiert, nicht-familiarisiert). PQ kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen, wobei positive Werte eine Novelty-Präferenz und negative Werte eine

Familiaritätspräferenz widerspiegeln. Der Wert 0 zeigt an, dass kein Unterschied zwischen beiden Stimulustypen vorliegt. Abbildung 2.6 stellt die Präferenzquotienten beider Sprachen der Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglinge aus Experiment 2 dar.

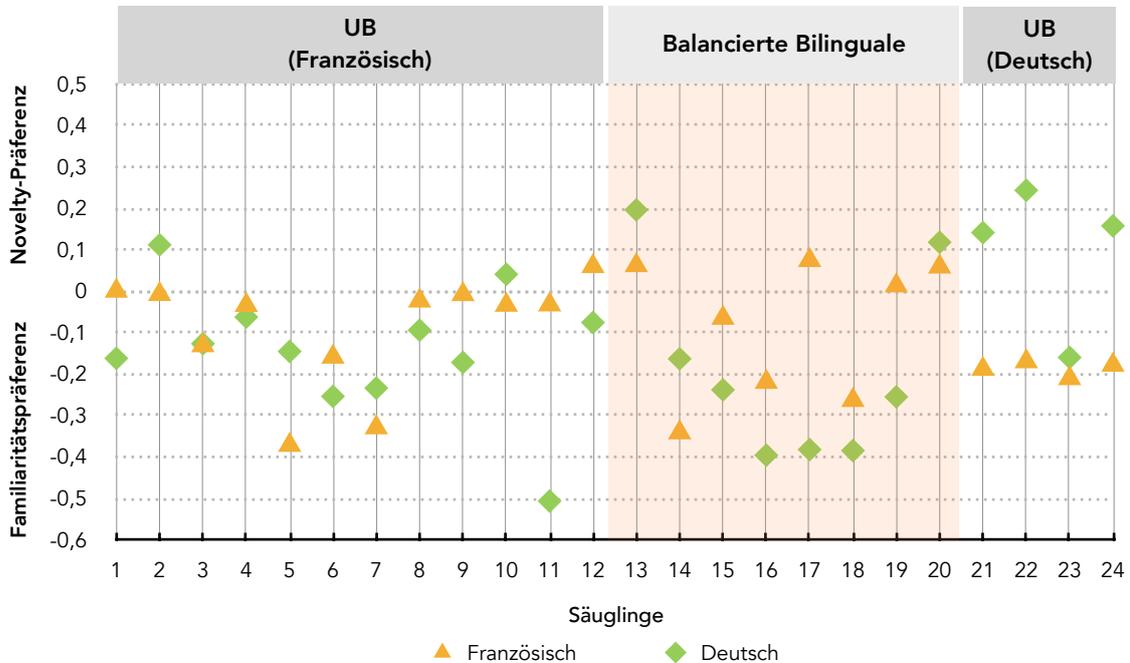


Abbildung 2.6 Testphase: Präferenzquotienten

Präferenzquotienten der Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglinge in beiden untersuchten Sprachen (Deutsch, Französisch) geordnet nach Input im Deutschen. Der rote Bereich markiert die Gruppe der Balancierten Bilingualen (35-65 % Input in Deutsch und Französisch). Links davon der Bereich der unbalancierten Bilingualen mit französischer Sprachdominanz (< 35 % Input in Deutsch), auf der rechten Seite der roten Markierung befinden sich die unbalancierten Bilingualen mit deutscher Sprachdominanz (< 35 % Input in Französisch). Jeder bilinguale Säugling (1-24) wird durch zwei sich gegenüberliegende Symbole auf der y-Achse repräsentiert. Die Raute repräsentiert den ermittelten Präferenzquotienten für das Deutsche und das Dreieck den Präferenzquotienten für das Französische.

Abbildung 2.6 veranschaulicht die Variabilität der bilingualen Säuglinge bezogen auf die Präferenzrichtungen in Experiment 2. In der Gesamtgruppe finden sich sowohl Säuglinge mit einer Präferenz für die familiarisierten Wörter (= PQ im negativen Wertebereich der y-Achse für beide Sprachen, d. h. Familiaritätspräferenz) als auch Säuglinge mit einer Präferenz für die nicht-familiarisierten Wörter (= PQ im positiven Wertebereich der y-Achse für beide Sprachen, d. h. Novelty-Präferenz). Zusätzlich gibt es einzelne Säuglinge, die eine

sprachabhängige Präferenz zeigen, bspw. eine Familiaritätspräferenz für das Französische und eine Novelty-Präferenz für das Deutsche.

2.7 Experiment 2: Diskussion

In der vorliegenden behavioralen Studie wurden die Wortsegmentierungsfähigkeiten von 9 Monate alten Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen in beiden Muttersprachen Deutsch und Französisch untersucht. Die erhobenen Daten liefern für die Gesamtgruppe Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung zweisilbiger Wörter im Deutschen und Französischen. Diese Daten erweitern die Ergebnisse der Studie von Polka et al. (2017), die mit Englisch-Französisch aufwachsenden 9 Monate alten Säuglingen einen signifikanten Segmentierungseffekt ausschließlich für die französischen Stimuli, und auch nur wenn diese zuerst getestet wurden, nachweisen konnten. Die vorliegende Studie nutzte den gleichen Versuchsablauf (Dual Language Task) wie Polka et al. (2017) konnte jedoch Segmentierungsfähigkeiten in beiden Muttersprachen der bilingualen Säuglinge nachweisen.

Monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge sind ab einem Alter von 9 Monaten in der Lage zweisilbige Wörter aus dem Sprachstrom zu segmentieren (Bartels, Darcy & Höhle, 2009). Französisch aufwachsende Säuglinge zeigen ab 8 Monaten eine erfolgreiche Segmentierung von Zweisilbern aus kontinuierlicher Sprache (Nazzi et al., 2014). In der vorliegenden Studie zeigten Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglinge eine erfolgreiche Segmentierung beider Muttersprachen mit 9 Monaten. Dies deutet darauf hin, dass bilingual aufwachsende Säuglinge im gleichen chronologischen Alter wie ihre monolingual aufwachsenden Altersgenossen vergleichbare Wortsegmentierungsfähigkeiten für zwei Sprachen entwickeln.

In den Ergebnissen zeigte sich ein Einfluss der Sprachreihenfolge auf die Segmentierungsfähigkeiten der bilingualen Säuglinge. Ein signifikanter Segmentierungseffekt für beide Sprachen zeigte sich nur in Sprachreihenfolge 2 (Deutsch-Französisch). In Sprachreihenfolge 1 (Französisch-Deutsch) segmentierten die bilingualen Säuglinge die französischen Stimuli, die im Anschluss präsentierten deutschen Stimuli jedoch nicht. Dieses Ergebnis ist bezogen auf die zur Verfügung stehenden sprachlichen Hinweise (Cues) innerhalb des deutschen Sprachmaterials unerwartet. Das Französische (silbenzählend) weist keine lexikalische

Betonung auf, so dass Säuglinge wenig prosodische Cues für eine erfolgreiche Identifizierung von Wortgrenzen zur Verfügung stehen. Lediglich an Phrasengrenzen sind diese im Französischen informativ. Daher wird für das Französische eine silbenbasierte bzw. auf distributionellen Cues ausgerichtete Segmentierungsprozedur angenommen (Nazzi et al., 2014; Polka & Sundara, 2012). Wohingegen für das Deutsche (akzentzählend), eine Sprache mit lexikalischer Betonung, von einer akzentbasierten, auf prosodischen Cues ausgerichtete Segmentierungsprozedur ausgegangen wird (Cutler et al., 1992). Im Deutschen stehen jedoch zusätzlich zu den prosodischen Hinweisen auch distributionelle Cues zur Verfügung. Bezogen auf die in dieser Studie genutzten Stimuli weisen letztere ebenso zuverlässig auf eine Wortgrenze hin, da die Silben der Zielwörter nie außerhalb dieser Zweisilber vorkamen und somit beispielsweise Übergangswahrscheinlichkeiten (transitional probabilities, TPs) zur Segmentierung genutzt werden können. Das Deutsche ist daher bezogen auf die Vielfalt der vorhandenen sprachlichen Cues salienter als das Französische, da zwei Arten von sprachlichen Cues Wortgrenzen zuverlässig markieren.

Die erfolgreiche Segmentierung beider Sprachen in Sprachreihenfolge 2 (Deutsch-Französisch) deutet zudem darauf hin, dass bilinguale Säuglinge in der Lage sind von einer prosodisch informativen Sprache in eine Sprache mit weniger (salienten) Cues zu wechseln (Französisch) und diese zu segmentieren - ein Wechsel der herausfordernder erscheint, da weniger Cues auf mögliche Wortgrenzen weisen. Daher könnte die große individuelle Variabilität der bilingualen Säuglinge zu dem Nulleffekt für die deutschen Stimuli in Sprachreihenfolge 1 geführt haben. Eine Analyse der individuellen mittleren Orientierungszeiten der Säuglinge zeigte, dass sich in der Subgruppe von Sprachreihenfolge 1 sowohl Säuglinge mit einer Familiaritätspräferenz, als auch mit einer Novelty-Präferenz befanden. Zusätzlich zeigten einige bilinguale Säuglinge eine sprachabhängige Präferenz (bspw. eine Familiaritätspräferenz für das Französische und eine Novelty-Präferenz für das Deutsche). In Sprachreihenfolge 1 zeigten ein Drittel der Säuglinge eine Novelty-Präferenz für die deutschen Stimuli. Diese Ergebnisse führten zusammen mit den verbleibenden Säuglingen in Sprachreihenfolge 1, die eine Familiaritätspräferenz zeigten, möglicherweise dazu, dass sich Effekte gegenseitig aufhoben. Der berichtete Effekt der Sprachreihenfolge der bilingualen Säuglinge könnte

daher eher auf die Variabilität der Präferenzrichtungen und weniger auf eine Asymmetrie der Segmentierungsfähigkeiten zurückgeführt werden.

Zudem deuten die Ergebnisse auf einen Einfluss der Sprachdominanz auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten der bilingualen Säuglinge. Da die Stichprobengrößen der einzelnen bilingualen Subgruppen jedoch gering und nicht identisch sind (zur Erinnerung: französische Dominanz: $n = 12$, balanciert: $n = 8$, deutsche Dominanz: $n = 4$), können die Ergebnisse nur unter Vorbehalt betrachtet werden. Für die unbalancierten Bilingualen mit französischer Sprachdominanz zeigte sich ein signifikanter Segmentierungseffekt sowohl für die dominante Sprache Französisch als auch die nicht-dominante Sprache Deutsch. Für die unbalancierten Bilingualen mit deutscher Dominanz zeigte sich der Effekt jedoch nur für die nicht-dominante Sprache Französisch. Die balancierten Bilingualen zeigten nur für das Deutsche einen signifikanten Segmentierungseffekt, jedoch nicht für das Französische. Diese Ergebnisse stimmen zum Teil denen von Orena & Polka (2019) überein. Die Autor:innen testeten Englisch-Französisch aufwachsende Säuglinge mit dem HPP und untersuchten den Einfluss von Sprachdominanz und Sprachmischung auf die Segmentierungsfähigkeiten von 8 und 10 Monate alten Bilingualen. Die Ergebnisse zeigten, dass bilinguale Säuglinge Zweisilber in ihrer dominanten Sprache segmentieren, unabhängig von der Menge an Sprachmischung, die sie im Input durch ihre Bezugspersonen hören. Die bilingualen Säuglinge, die einer stärkeren Sprachmischung durch Bezugspersonen ausgesetzt waren, zeigten zudem auch in ihrer nicht-dominanten Sprache eine erfolgreiche Segmentierung. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie könnten daher damit erklärt werden, dass die Gruppe der unbalancierten Bilingualen mit französischer Dominanz sowohl Säuglinge enthielt die einer stärkeren als auch einer niedrigeren Sprachmischung durch Bezugspersonen ausgesetzt waren und somit sowohl für die dominante als auch die nicht-dominante Sprache eine erfolgreiche Segmentierung zeigten. Für die unbalancierten Bilingualen mit deutscher Dominanz hingegen deuten die Ergebnisse darauf hin, dass diese Subgruppe überwiegend aus Säuglingen bestand die einer stärkeren Sprachmischung durch Bezugspersonen ausgesetzt waren und diese Subgruppe somit für die nicht-dominante Sprache eine erfolgreiche Segmentierung zeigte. Warum jedoch kein Segmentierungseffekt für die dominante Sprache Deutsch gefunden

werden konnte, ein Effekt der sich nach Orena & Polka (2019) unabhängig von der Menge an Sprachmischung zeigen sollte, bleibt unbeantwortet. Auch das Ergebnis der balancierten Bilingualen, die in der vorliegenden Studie nur die deutschen Stimuli erfolgreich segmentierten, kann aufgrund der bisherigen Datenlage nicht erklärt werden.

Die oben beschriebene individuelle Variabilität in der Subgruppe Sprachreihenfolge 1 zeigte sich auch für die gesamte Gruppe der bilingualen Säuglinge der vorliegenden Studie. Die pro Säugling und für jede Sprache ermittelten Präferenzquotienten zeigten deutlich die Heterogenität der Gesamtgruppe bezogen auf die gezeigten Präferenzen (Familiaritätspräferenz vs. Novelty-Präferenz). Diese große Variabilität scheint besonders innerhalb von bilingual aufwachsenden Säuglingen zu finden zu sein. Orena & Polka (2019) berichten in ihrer behavioralen Studie mit bilingualen Säuglingen ebenfalls von einer großen individuellen Variabilität innerhalb der bilingualen Gruppe bezogen auf sowohl unterschiedliche Orientierungszeiten als auch auf unterschiedliche Präferenzrichtungen innerhalb der Messung. Eine ähnliche Variabilität zeigte sich auch in der bilingualen Gruppe der vorliegenden Studie. Dies könnte vor allem innerhalb von Subgruppen mit geringen Stichprobengrößen zu einer Aufhebung der vorhandenen Effekte geführt haben. Daher sollten weitere bilingual aufwachsende Säuglinge untersucht werden um den Einfluss der Sprachdominanz auf die Segmentierungsfähigkeiten einer bilingualen Population zu ermitteln.

2.8 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Experimente 1 und 2 der vorliegenden behavioralen Studie erweitern das Bild der frühen Wortsegmentierung bei monolingual Deutsch und bilingual Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen.

Die Ergebnisse des Experiments 1 liefern keine Evidenz einer erfolgreichen Segmentierung der rhythmisch differenten Sprache Französisch durch monolingual Deutsch aufwachsende 9 Monate alte Säuglinge. Damit stützen diese Daten die Annahme der Rhythmushypothese von Jusczyk, Houston & Newsome (1999), nach der Segmentierungsfähigkeiten auf eine rhythmisch ähnliche, jedoch nicht auf eine rhythmisch unähnliche Sprache angewendet werden können.

Die vorliegenden Daten aus Experiment 2 liefern innerhalb einer bilingualen Population Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung von zwei Sprachen unterschiedlicher Rhythmusklassen. Deutsch-Französisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 9 Monaten waren in der Lage zweisilbige deutsche und französische Zielwörter aus Sätzen zu segmentieren. Zudem deuten die Daten der vorliegenden Studie auf einen Einfluss der Sprachreihenfolge bzw. der Sprachdominanz auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten der bilingualen Säuglinge, diese sollten daher in zukünftigen Studien berücksichtigt werden.

Vorwort zu Kapitel 3 und 4

Die Wortsegmentierungsfähigkeiten von monolingual Deutsch und bilingual Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen wurden, wie in Kapitel 2 beschrieben, durch eine behaviorale Untersuchung betrachtet. Studien, die mithilfe des Headturn Preference Paradigmas (HPP) durchgeführt werden, weisen jedoch methodische Grenzen auf. Beispielsweise ist es mit dieser Messmethode nicht möglich, Aussagen über den zeitlichen Verlauf der Verarbeitung der sprachlichen Stimuli zu treffen. Darüber hinaus ist die Methode stark abhängig von der individuellen Tagesform des zu testenden Säuglings, da ohne aktive Mitarbeit des Säuglings keine Blickzeitmessung erfolgen kann. Trotz gleichmäßiger Verteilung der zu messenden Bedingungen ist die Datenerhebung stets abhängig von der Aufmerksamkeit des Säuglings. Vorhandene Verarbeitungsprozesse werden somit nicht präzise durch die gemessene Blickzeit widerspiegelt.

Zusätzlich kann es bei der Durchführung des HPP in Bezug auf Unterschiede in den Blickzeiten zwischen den Untersuchungsbedingungen zu einem heterogenen Ergebnis bei den erhobenen Daten kommen. Da es in einer behavioralen Messung grundsätzlich möglich ist, einen Segmentierungseffekt in zwei verschiedenen Richtungen zu zeigen (Familiaritäts- bzw. Noveltyeffekt), kann das Ergebnis der gesamten Probandengruppe durch individuelle Präferenzrichtungen beeinflusst werden. Im vorliegenden Kapitel 2 zeigte sich dies bei der Gruppe der bilingual aufwachsenden Säuglinge, innerhalb derer sich sowohl eine Untergruppe von Säuglingen mit Familiaritätspräferenz als auch eine Gruppe von Säuglingen mit einer Noveltypräferenz fand. Diese individuellen Präferenzrichtungen können im Ergebnis zu einem Nullresultat führen, da sich Effekte gegenseitig aufheben.

Im Folgenden wurden die Wortsegmentierungsfähigkeiten von monolingual Deutsch aufwachsenden (Kapitel 3) und Deutsch-Französisch bilingual aufwachsenden Säuglingen (Kapitel 4) in einer elektrophysiologischen Studie untersucht. Dies ermöglicht eine genauere zeitliche Einordnung der Verarbeitungsprozesse innerhalb einer Segmentierungsaufgabe in einer von der aktiven Mitarbeit des Säuglings unabhängigen Messmethode. Das EEG ermöglicht somit eine Datenerhebung die weniger von Aufmerksamkeitsfaktoren beeinflusst wird, als dies bei einer HPP-Messung der Fall ist. Darüber hinaus können, im Gegensatz zu einer behavioralen Untersuchung, mithilfe einer elektrophysiologischen Methode bereits Einblicke in die sprachliche Verarbeitung während der Familiarisierungsphase gewonnen werden.

3

Frühe Wortsegmentierung: Eine elektrophysiologische Untersuchung von monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen

3.1 Einleitung

Die Fähigkeit zur Wortsegmentierung ist entscheidend für den Spracherwerb. Um ihre Muttersprache zu erwerben, müssen Säuglinge in der Lage sein, Wortformen in kontinuierlicher Sprache zu identifizieren und zu segmentieren. Frühe Wortsegmentierungsfähigkeiten bilden sich im ersten Lebensjahr heraus und sind sprachspezifisch (Polka & Sundara, 2012). Sie beruhen auf der Fähigkeit von Säuglingen, verschiedene sprachliche Cues wahrzunehmen und als Informationsquelle zur Segmentierung des kontinuierlichen Lautstroms zu nutzen. Zu diesen Cues zählen beispielsweise rhythmische Einheiten der Muttersprache (Höhle, 2002; Jusczyk et al., 1999), distributionelle Cues (Mersad & Nazzi, 2012; Thiessen & Saffran, 2003), prosodische Hinweise (Gout et al., 2004; Seidl & Johnson, 2006), koartikulatorische Cues (Johnson & Jusczyk, 2001) oder auch phonotaktische Informationen (Gonzalez-Gomez & Nazzi, 2013; Mattys & Jusczyk, 2001). Basierend auf der Arbeit von Jusczyk & Aslin (1995) wurden frühe Wortsegmentierungsfähigkeiten von Säuglingen im ersten Lebensjahr in unterschiedlichen behavioralen Studien für eine Vielzahl an Sprachen untersucht (siehe Kapitel 2 für eine Übersicht). Als Methode wurde überwiegend das HPP, bei welchem die Blickzeiten der Säuglinge für die unterschiedlichen Stimulustypen gemessen werden, genutzt. Wesentlich für die Blickzeitmessung innerhalb eines solchen Verfahrens ist die Aufmerksamkeit und die aktive Mitarbeit des an der Untersuchung teilnehmenden Säuglings. Im Gegensatz dazu können Verfahren wie beispielsweise eine elektrophysiologische Untersuchung (EEG) mittels ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs) Hirnströme erfassen, die nahezu unabhängig von der Aufmerksamkeit des Säuglings Verarbeitungsprozesse aufzeigen können. Bildgebende oder elektrophysiologische Verfahren ermöglichen eventuell eine differenziertere Betrachtung der zugrunde liegenden Verarbeitungsprozesse als verhaltensbasierte Methoden, da es sich um Online-

Messverfahren handelt, die Subprozesse der Verarbeitung beobachtbar machen (Teixidó, François, Bosch & Männel, 2018). So können durch ein solches Messverfahren bereits Einblicke in die Verarbeitung bzw. die Lernprozesse während der Familiarisierung einer Wortsegmentierungsstudie gewonnen werden. Die folgenden Studien untersuchten frühe Wortsegmentierungsfähigkeiten bei monolingual aufwachsenden Säuglingen im Rahmen elektrophysiologischer Untersuchungen oder mithilfe von bildgebenden Verfahren.

Fló et al. (2019) untersuchten italienische Neugeborene mittels funktioneller Nahinfrarotspektroskopie (fNIRS). Bei einer fNIRS-Untersuchung werden Konzentrationsänderungen des Blutsauerstoffs im Gehirn gemessen. Die Ausführung kognitiver oder perceptueller Prozesse erfordert Sauerstoff, welches an Hämoglobin gebunden ist und über einen lokalen Anstieg des zerebralen Blutflusses zur Verfügung gestellt wird. Es wird sauerstoffreiches (oxyHb) und sauerstoffarmes Blut (desoxyHb) gemessen. Erstes spiegelt durch das Prinzip der neurovaskulären Kopplung eine erhöhte funktionelle Hirnaktivität wider. In der Studie von Fló et al. (2019) wurden Italienisch aufwachsende Neugeborene drei Minuten lang mit einer künstlichen Sprache familiarisiert. In Experiment 1 enthielt diese künstliche Sprache ausschließlich distributionelle Informationen. Sie bestand aus vier dreisilbigen Wörtern (z. B. lamipe, duvoka, nubefi, telugo), die pseudozufällig aneinandergereiht wurden. Dadurch ergaben sich Übergangswahrscheinlichkeiten (TPs) der Silben innerhalb von Wörtern von 1 und zwischen Wörtern von 0,33. In der Testphase hörten die Neugeborenen entweder die dreisilbigen statistisch definierten Wörter aus der Familiarisierung oder Teilwörter, die aus den Silben der Wörter in der Familiarisierung bestanden, jedoch die TPs verletzten. In den Ergebnissen zeigte sich bilateral eine unterschiedliche hämodynamische Reaktion auf Wörter im Vergleich zu den Teilwörtern. Insgesamt stieg die oxyHb-Antwort bei den Teilwörtern stärker an als bei den Wörtern, und die desoxyHb-Antwort nahm bei Teilwörtern stärker ab als bei Wörtern. Dieses Muster deutet darauf hin, dass die Neugeborenen die Wörter aus dem künstlichen Sprachstrom segmentiert haben und die Teilwörter im Gegensatz zu den familiarisierten Wörtern als neue Information verarbeiteten. In der Familiarisierung von Experiment 2 war die statistische Verteilung der Silben für die Segmentierung nicht informativ, jedoch markierten prosodische Konturen die Wortgrenzen. Die Wörter der Testphase enthielten demgegenüber keinerlei

prosodische Information. Die Ergebnisse zeigten eine unterschiedliche oxyHb-Reaktion für Wörter und Teilwörter, mit einer stärkeren Reaktion für Teilwörter. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass die Neugeborenen die Wörter mithilfe der prosodischen Informationen in der Familiarisierung segmentierten und auf Teilwörter, die dieser prosodischen Kontur nicht entsprachen, überrascht reagierten. Fló et al. (2019) konnten mit dieser Methode nachweisen, dass italienische Neugeborene Wortgrenzen mit Hilfe von sowohl distributionellen Cues bei Abwesenheit von prosodischen Informationen als auch mithilfe von prosodischen Hinweisen finden können, wenn die statistische Verteilung der Silben uninformativ ist. Die Studie zeigt, dass bereits Neugeborenen (mindestens) zwei Arten von Cues zur Verfügung stehen, die zur Segmentierung des kontinuierlichen Sprachstroms genutzt werden können.

Kooijman, Hagoort & Cutler (2005) entwarfen die erste EKP-Studie zur Wortsegmentierung mit Niederländisch lernenden 10 Monate alten Säuglingen, indem sie das HPP von Jusczyk & Aslin (1995) adaptierten. Sie familiarisierten die Säuglinge mit trochäischen Zweisilbern und testeten sie anschließend mit Textpassagen, die entweder unbekannte oder die familiarisierten Wörter enthielten (Wort-Text-Abfolge). Die Autoren fanden in der Testphase einen Unterschied in der Gehirnantwort bei der Verarbeitung von familiarisierten gegenüber nicht-familiarisierten Wörtern. Für die zuvor familiarisierten Wörter zeigte sich eine stärkere Negativierung (N200-500) über der linken Hemisphäre gegenüber den nicht-familiarisierten Wörtern, was auf eine Segmentierung der trochäischen Wörter während der Familiarisierung hinweist. Kooijman et al. (2013) zeigten in einer Follow-Up-Studie mit demselben Paradigma, dass bereits 7 Monate alte Niederländisch lernende Säuglinge trochäische Zweisilber erfolgreich segmentieren können - ein Nachweis, der mit behavioralen Methoden zuvor nicht gelang (Kuijpers et al., 1998). Eine Segmentierung jambischer Wörter (d. h., dem nicht-dominanten Betonungsmuster im Niederländischen) durch 10 Monate alte niederländische Säuglinge konnte mit demselben Paradigma jedoch nicht belegt werden (Kooijman et al., 2009).

Französisch lernende Säuglinge sind im Alter von 8 Monaten in der Lage, zweisilbige Wörter aus dem Sprachfluss zu segmentieren (Nazzi, Iakimova, Bertocini, Serres & de Schonen, 2008). Dieser Nachweis konnte in einer behavioralen Untersuchung (HPP) jedoch

nur durch die methodische Anpassung der Familiarisierungs- und Testphase erbracht werden. In der Standard-HPP-Variante wird in Wortsegmentierungsexperimenten mit isolierten Worten familiarisiert und in der Testphase auf Wörter innerhalb von Sätzen/Texten getestet. Nazi et al. (2008) konnten eine erfolgreiche Segmentierung jedoch nur in der Text-Wort-Abfolge (Familiarisierung mit Texten, Testphase mit isolierten Wörtern) für 8 Monate alte französische Säuglinge nachweisen und nicht innerhalb eines Experiments mit der Wort-Text-Abfolge (Standard-HPP-Variante). Für die Standard-HPP-Variante zeigen französischsprachige Säuglinge erst mit 16 Monaten eine erfolgreiche Segmentierung zweisilbiger Wörter (Nazi, Iakimova, Bertocini, Frédonie & Alcantara, 2006). Goyet, de Schonen & Nazi (2010) untersuchten Französisch lernende Säuglinge im Alter von 12 Monaten mithilfe einer elektrophysiologischen Untersuchung mit letzterer Versuchsanordnung (Wort-Text-Abfolge). Die Säuglinge wurden mit isolierten Zweisilbern familiarisiert und anschließend mit familiarisierten und nicht-familiarisierten Zweisilbern innerhalb von Sätzen getestet. In den Ergebnissen zeigte sich eine stärkere Negativierung für familiarisierte Wörter gegenüber nicht-familiarisierten Wörtern. Dies deutet darauf hin, dass 12 Monate alte Französisch lernende Säuglinge in der Lage sind, zweisilbige Wörter aus kontinuierlicher Sprache zu segmentieren. Goyet, de Schonen & Nazi (2010) konnten daher mithilfe einer elektrophysiologischen Methode Segmentierungsleistungen aufzeigen, die zuvor mit einer behavioralen Methode nicht nachweisbar waren (Nazi et al., 2006).

Für das Deutsche liegen mithilfe elektrophysiologischer Untersuchungen Daten von Männel & Friederici (2013) vor. Die Autorinnen testeten Deutsch lernende Säuglinge im Alter von 6, 9 und 12 Monaten in einem Familiarisierungs-Test-Paradigma und manipulierten die prosodische Markierung der im Satz eingebetteten Zielwörter während der Familiarisierung. Die Säuglinge wurden mit Sätzen, die je einmal das Zielwort enthielten, familiarisiert und anschließend auf familiarisierte und nicht-familiarisierte isolierte Wörter getestet. Im Fokus der Studie stand die Frage, ob eine zusätzliche prosodische Markierung der Zielwörter oder auch die Anzahl der Wiederholungen der Zielwörter innerhalb der Textpassagen einen Einfluss auf die Segmentierungsfähigkeit der Säuglinge hat. Für alle Altersgruppen konnte eine erfolgreiche Segmentierung nachgewiesen werden, die sich in einer stärkeren Negativierung für familiarisierte Wörter gegenüber den nicht-familiarisierten Wörtern zeigte.

Für die 6 Monate alten Säuglinge zeigte sich eine erfolgreiche Segmentierung jedoch nur dann, wenn die Zielwörter während der Familiarisierung eine zusätzliche prosodische Markierung in Form einer Akzentuierung des Zielworts erhielten. Für die 9 Monate alten Säuglinge waren sowohl die Betonung als auch die Wiederholung der Zielwörter relevant zur Segmentierung, bei den 12 Monate alten Kindern nur noch die Wiederholung der Zielwörter. Männel & Friederici (2013) führen diese Ergebnisse u. a. auf die zunehmende Spracherfahrung der Kinder zurück. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es bei Deutsch lernenden Kindern entwicklungsbedingte input-spezifische Phasen der Wortsegmentierung gibt und dass bei der Verarbeitung zunächst prosodische Informationen, im Laufe der Entwicklung dann Wiederholungen, im Vordergrund stehen. Bezogen auf die Anzahl der Wiederholungen der Zielwörter in der Familiarisierungsphase konnten Männel & Friederici (2013) zudem nachweisen, dass sich ein Familiaritätseffekt bei älteren Säuglingen im Vergleich zu jüngeren Säuglingen bereits ab einer früheren Wiederholung zeigte.

Dieses Kapitel berichtet über Ergebnisse einer eigenen Studie, die untersucht hat, inwieweit monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der Lage sind, ihre Muttersprache Deutsch und die rhythmisch unähnliche Sprache Französisch zu segmentieren. Diese crosslinguistische Untersuchung mithilfe der Elektroenzephalografie (EEG) soll dazu beitragen zu klären, ob Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der Lage sind, ihre Segmentierungsprozeduren zu modifizieren bzw. von ihrer bevorzugten Segmentierung abzuweichen, um auch nicht-muttersprachlichen Input erfolgreich segmentieren zu können. Ergebnisse einer behavioralen Untersuchung konnten für 9 Monate alte Deutsch aufwachsende Säuglinge bisher nur Evidenz für die erfolgreiche Segmentierung der Muttersprache erbringen (Bartels et al., 2009), wohingegen eine crosslinguistische Segmentierung der Nicht-Muttersprache Französisch für Deutsch lernende Säuglinge nicht bestätigt werden konnte (siehe Kapitel 2). Der Vergleich des Sprachpaars Deutsch und Französisch ist besonders interessant, da beide Sprachen unterschiedlichen Rhythmusklassen zugeordnet werden (Abercrombie, 1967). Deutsch als akzentzählende Sprache und Französisch als silbenzählende Sprache verlangen unterschiedliche Segmentierungsprozeduren, da für das Deutsche eine auf Betonung fokussierte Segmentierung erfolgreich wäre, für das Französische hingegen nicht.

Durch den Methodenwechsel von einem behavioralen Verfahren hin zu einer elektrophysiologischen Untersuchung können durch Hirnkorrelate Verarbeitungsprozesse aufgezeigt werden, die mit Verhaltensmethoden eventuell nicht erfassbar sind. Des Weiteren können bereits Einblicke in die Sprachverarbeitung während der Familiarisierungsphase gewonnen und so Subprozesse einer möglichen crosslinguistischen Segmentierung aufgezeigt werden.

3.2 Methoden

3.2.1 Probanden

In Experiment 3 wurden 36 monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge (Durchschnittsalter: 9;0 Monate, Altersspanne: 8;15 - 9;19 Monate, 19 Jungen) untersucht. Jeder der Säuglinge wurde in Berlin geboren und aus monolingual deutschsprachigen Familien rekrutiert. Neun weitere Säuglinge wurden getestet, jedoch aufgrund folgender Ausschlusskriterien nicht in die Analyse mit aufgenommen: Weinen/Unruhe (n = 8), technischer Fehler (n = 1). Für alle Säuglinge liegt eine schriftliche Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten zur Studienteilnahme und der Nutzung der erhobenen Daten vor. Das experimentelle Verfahren wurde durch die Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig genehmigt.

3.2.2 Stimuli

Es wurden die deutschen und französischen Stimuli aus Experiment 2 genutzt (siehe Kapitel 2). Die deutschen Stimuli bestanden aus dem von Bartels, Darcy & Höhle (2009) erstellten Sprachmaterial. Die Stimuli bestanden aus vier Textpassagen mit je sechs Sätzen und vier zweisilbigen Zielwörtern (d. h. „Balken“, „Pinsel“, „Felsen“ und „Kurbel“) und wurden von einer monolingualen Sprecherin des Deutschen in kindgerichteter Art und Weise gesprochen. In jeder Textpassage kam das jeweilige Zielwort einmal pro Satz an einer der drei möglichen Satzpositionen (Anfang/Mitte/Ende) vor. An jeder Position wurde das Zielwort zweimal innerhalb einer Textpassage präsentiert. Für die Testphase wurden zusätzlich isolierte Token jedes zweisilbigen Zielworts aufgenommen.

Für die französischen Stimuli wurde das von Polka & Sundara (2012) Sprachmaterial genutzt. Es bestand wie auch das deutsche Material aus vier Textpassagen mit je sechs Sätzen und vier zweisilbigen Zielwörtern (d. h. „bérets“, „surprises“, „devis“ und „guitares“) und wurde von einer bilingualen Sprecherin (kanadisches Englisch und kanadisches Französisch) in kindgerichteter Art und Weise gesprochen. Innerhalb der Textpassagen enthielt jeder Satz ein zweisilbiges Zielwort an einer von drei möglichen Satzpositionen (Anfang/Mitte/Ende). Das Zielwort wurde an jeder dieser Positionen zweimal innerhalb einer Textpassage präsentiert. Die Testphase bestand aus isoliert gesprochenen Token der zweisilbigen Zielwörter.

Die Dauer der deutschen Textpassagen (Mittelwert: 19,05 s, Spanne: 18,65-19,34 s) und die der französischen Textpassagen (Mittelwert: 18,3 s, Bereich: 17,8-19,2 s) war vergleichbar. Für die Zielwörter innerhalb der Sätze zeigte sich im Vergleich zu den isoliert produzierten Zielwörtern der Testphase eine deutlich verkürzte Dauer vorrangig für die deutschen aber auch für die französischen Stimuli (vgl. Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1 Akustische Information zur Dauer der Zielwörter in Familiarisierungs- und Testphase

	Dauer (ms)						
	Familiarisierungsphase						
	Wort (im Satz)			1. Silbe		2. Silbe	
	M	SD	R	M	SD	M	SD
Deutsche Stimuli (Balken, Pinsel, Kurbel, Felsen)	348	53	276 – 480	215	32	133	42
Französische Stimuli (Guitare, Surprise, Beret, Devis)	523	148	316 – 915	187	52	336	127
	Testphase						
	Wort (isoliert)			1. Silbe		2. Silbe	
	M	SD	R	M	SD	M	SD
	Deutsche Stimuli (Balken, Pinsel, Kurbel, Felsen)	559	24	524 – 603	304	26	255
Französische Stimuli (Guitare, Surprise, Beret, Devis)	593	89	472 – 758	218	45	375	57

3.2.3 Verfahren

Die monolingualen Säuglinge wurden mittels einer EEG-Messung in den beiden Sprachen Deutsch und Französisch untersucht. Jeder Säugling hörte pro Sprache zwei Familiarisierungen und zwei Testphasen. Das heißt, jeder Säugling wurde innerhalb eines Experiments in den beiden Sprachen Deutsch und Französisch getestet und hörte pro Sprache zwei Textpassagen und zwei Wortlisten. Der Ablauf innerhalb eines Durchgangs ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

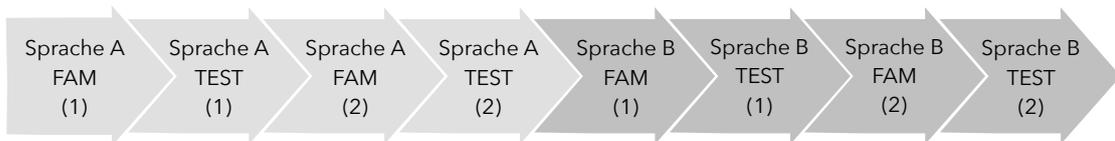


Abbildung 3.1 Darstellung des Ablaufs von Experiment 3

Pro Sprache (A, B) wurden zwei Familiarisierungsphasen (FAM) und zwei Testphasen (TEST) durchlaufen (1,2).

Die Präsentationsreihenfolge der Sprachen war innerhalb der Gruppe der Säuglinge ausgeglichen, d. h., die Hälfte der Säuglinge hörte zuerst die deutschen Stimuli und anschließend die Französischen, die andere Hälfte der Säuglinge vice versa. Abbildung 3.2 stellt die Verteilung der Probanden innerhalb des Experiments 3 dar. Die Verteilung der Probanden über die verschiedenen Textpassagen und Wortlisten erfolgte gleichmäßig. Die Hälfte der Säuglinge wurde mit den französischen Wortlisten „guitares“ und „devis“ und den deutschen Wortlisten „Balken“ und „Pinsel“ familiarisiert (Set 1 bzw. 3) und die andere Hälfte mit den französischen Wortlisten „bérets“ und „surprises“ sowie den deutschen Wortlisten „Kurbel“ und „Felsen“ (Set 2 bzw. 4). Die jeweils verbleibenden Wortpaare wurden in der Testphase als nicht-familiarisierte Wörter genutzt. Je 9 Säuglinge wurden randomisiert einem der vier Sets zugewiesen.

Tabelle 3.2 Probandenverteilung Experiment 3

Darstellung der Verteilung der Probanden auf insgesamt vier Sets, die je zwei Familiarisierungen pro Sprache enthalten. Jedes Set wurde von 9 Probanden gehört (n).

Set	Sprache	Familiarisierung (Textpassagen)	Testphase (Wortlisten)	n
1	Französisch	Guitares passage	Guitares vs. Berets	9
		Devis passage	Devis vs. Surprises	
	Deutsch	Balken passage	Balken vs. Kurbel	
		Pinsel passage	Pinsel vs. Felsen	
2	Französisch	Berets passage	Guitares vs. Berets	9
		Surprises passage	Devis vs. Surprises	
	Deutsch	Kurbel passage	Balken vs. Kurbel	
		Felsen passage	Pinsel vs. Felsen	
3	Deutsch	Pinsel passage	Pinsel vs. Felsen	9
		Balken passage	Balken vs. Kurbel	
	Französisch	Devis passage	Devis vs. Surprises	
		Guitares passage	Guitares vs. Berets	
4	Deutsch	Felsen passage	Pinsel vs. Felsen	9
		Kurbel passage	Balken vs. Kurbel	
	Französisch	Surprises passage	Devis vs. Surprises	
		Berets passage	Guitares vs. Berets	

Jede Familiarisierungsphase umfasste zwei Präsentationen der Textpassage mit einem Inter-Stimulus-Intervall (ISI) von 1,5 Sekunden, d. h., jeder Säugling hörte pro Familiarisierung 2 x 6 Sätze, die jeweils einmal das Zielwort enthielten. Dies entspricht einer Familiarisierungszeit von ca. 36 Sekunden. Jede Testphase bestand aus einer Wortliste mit insgesamt 16 Wörtern (ISI = 1,7 Sekunden). Die Wortliste enthielt je vier Token eines bekannten (= familiarisierten) und eines nicht-familiarisierten Zweisilbers. Diese acht Token wurden innerhalb der Wortliste einmal wiederholt, so dass jeder Säugling 16 Wörter pro Testphase hörte (8 familiarisierte/8 nicht-familiarisierte). Die 16 Wörter wurden in einer semi-randomisierten Reihenfolge präsentiert (nicht mehr als zwei Wörter derselben Bedingung nacheinander). Danach folgte die Familiarisierungs- und Testphase für die 2. Sprache. Das

Experiment bestand aus zwei Durchgängen. Somit hörte jeder Säugling die in Abbildung 3.1 dargestellte Abfolge von Familiarisierungs- und Testphasen zweimal. Insgesamt hörte jeder Säugling über alle Testphasen des Experiments hinweg 32 familiarisierte Wörter und 32 nicht-familiarisierte Wörter pro Sprache. Das gesamte Experiment dauerte etwa 12 Minuten.

Während der EEG-Aufzeichnung saßen die Säuglinge auf dem Schoß eines Elternteils in einer schalldichten und elektrisch abgeschirmten Kabine. Die Eltern wurden angewiesen, während des Experiments nicht mit ihrem Kind zu sprechen. Um Bewegungen zu minimieren wurden die Säuglinge mit einem kindgerechten Stummfilm unterhalten. Der Film entsprach inhaltlich zu keinem Zeitpunkt der in der Studie genutzten Stimuli. Das heißt, der Film enthielt keine bildliche Darstellung der in der Studie verwendeten Zielwörter und war auch nicht mit diesen zeitlich synchronisiert. Zur Steuerung der Stimuluspräsentation diente die Software *Presentation*® (Neurobehavioral Systems). Zwei Lautsprecher, die sich etwa einen Meter vor dem Kind befanden, präsentierten die Stimuli in einer angenehmen und für alle Säuglinge gleichbleibenden Lautstärke.

3.2.4 EEG-Datenerhebung

Das EEG wurde mit einer Abtastrate von 500 Hz und mithilfe einer Elektrodenkappe (Easy cap GmbH, Deutschland) mit Ag/AgCl-Ringelektroden, die nach dem internationalen 10–10 Elektrodensystem an frontalen (F7, F3, FC3, FZ, FC4, F4, F8), zentralen (C3, CP5, CZ, CP6, C4), temporalen (T7, T8), parietalen (P7, P3, PZ, P4, P8) und okzipitalen (O1, O2) Kopfhautpunkten angebracht waren, aufgezeichnet. Zur Überwachung der Augenbewegungen wurden horizontale und vertikale Elektroofokulogramme (EOG) von Einzelelektroden aufgezeichnet, die an den äußeren Augenwinkeln beider Augen und am infra- und supraorbitalen Kamm des rechten Auges angebracht waren. Die EEG-Aufzeichnungen wurden während des Experiments auf CZ referenziert. Zusätzlich wurde eine Erdungselektrode auf der Stirn platziert. Die Elektrodenimpedanzen lagen meist unter 20 k Ω (max. 25 k Ω). EEG- und EOG-Signale wurden über den Verstärker PORT-32/MREFA (REFA, Twente Medical Systems International) aufgenommen.

3.2.5 EEG-Datenanalyse

Die EEG- und EOG-Aufzeichnungen wurden offline mithilfe von EEGLAB (Swartz Center for Computational Neuroscience, Delorme & Makeig, 2004) und Matlab (Version R2021b, The Math Works Inc., 2020) verarbeitet. Die EEG-Daten wurden über das Mittel der aufgezeichneten Signale an beiden Mastoiden re-referenziert und mit einem fensterbasierten Sinc-FIR-Filter (Bandpass 1-20 Hz, Kaiser-Fenster, Beta = 7,857; Filterordnung = 1208) gefiltert, um langsame Drifts und starke Muskelartefakte zu entfernen. Anschließend wurde das kontinuierliche EEG halbautomatisch durchsucht, um Segmente mit Artefakten zu identifizieren (abnormale Werte über $\pm 100 \mu\text{V}$ und abnormale Trends über einer maximalen Steigung von $100 \mu\text{V}$ pro Epoche und einem R-Quadrat-Grenzwert von 0,5). Die markierten Segmente, die Artefakte enthielten, wurden visuell überprüft, um den Datensatz für die unabhängige Komponentenanalyse (ICA) als Artefaktkorrektur vorzubereiten. Weitere Segmente mit starken Artefakten wurden manuell markiert und entfernt. Im Anschluss erfolgte die Komponentenanalyse (Makeig, Jung, Ghahremani & Sejnowski, 1996), die berechneten ICA-Komponenten wurden visuell überprüft und die durch Augenbewegungen verursachten Signalkomponenten (anhand von Topographie und Kurvenform) bestimmt und gespeichert. Die referenzierten kontinuierlichen Daten wurden erneut bei 0,3-20 Hz gefiltert (gefensterter Sinc-FIR-Filter, Kaiser-Fenster, beta = 7,857; Filterordnung = 824). Die ermittelten Komponenten wurden auf den 0,3 - 20 Hz-gefilterten Datensatz angewendet und zur Datenkorrektur genutzt. Es wurden EKP-Epochen von 800 ms nach Wortbeginn in der Familiarisierungsphase und von 1500 ms nach Wortbeginn in der Testphase mit einer Prä-Stimulus-Baseline von 100 ms extrahiert. Die unterschiedlichen Epochenlängen für die Familiarisierungs- und die Testphasen waren durch die unterschiedliche Dauer der Zielwörter innerhalb der Textpassagen und der isolierten Darbietung motiviert (vgl. Tabelle 3.1). Die Zielwörter in der Familiarisierung waren kürzer als die Wörter in der Testphase, da sie, im Gegensatz zur Testphase, nicht isoliert, sondern in Sätzen eingebettet, präsentiert wurden. Abschließend wurden die Epochen nochmals automatisch auf Artefakte durchsucht und Epochen mit einem Signalebereich von mehr als $100 \mu\text{V}$ und abnormalen Trends oberhalb einer maximalen Steigung von $100 \mu\text{V}$ und einer R-Quadrat-Grenze von 0,5 wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Die EKP-

Epochen der Familiarisierungs- und Testphasen wurden für jeden Probanden, hinsichtlich jeder Bedingung (familiarisiert vs. nicht-familiarisiert) und jeder Sprache (Deutsch vs. Französisch) separat gemittelt. Im Anschluss wurden die Gesamtmittelwerte über alle Probanden hinweg ermittelt.

In die weitere Analyse wurden nur die Daten der Säuglinge einbezogen, die ein Minimum von zehn artefaktfreien Trials pro Bedingung und pro Sprache aufwiesen (25%-Kriterium; Mittelwert: 15,4; SD: 3,6). Um die statistische Aussagekraft zu erhöhen, wurden die Daten aller Elektroden in drei Regionen von Interesse (Regions of Interest/ROIs) eingeteilt: Frontal (FC3, F3, FZ, F4, FC4), Zentral (CP5, C3, CZ, C4, CP6) und Posterior (P7, P3, PZ, P4, P8).

Segmentierungseffekte wurden separat für Familiarisierungs- und Testphasen untersucht, da sich die Dauer der Zielwörter innerhalb der beiden Phasen der Studie deutlich unterschied. Für die Testphase wurde, basierend auf vergleichbaren Studien, ein Zeitfenster von 200-500 ms für die statistische Analyse der EKP-Antworten auf die Zielwörter gewählt (Junge, Cutler & Hagoort, 2014; Kooijman et al., 2005, 2009).

Die kürzere Dauer der Zielwörter innerhalb der Familiarisierungsphase führte dazu, dass das literaturbasierte Zeitfenster von 200-500 ms (Junge et al., 2014; Kooijman et al., 2005, 2009) nicht auf die Zielwörter der Familiarisierung angewendet werden konnte. Um den Beginn eines möglichen Wiederholungseffekts in der Familiarisierungsphase zu bestimmen wurden zunächst die Mittelwerte der Amplituden aller Elektroden für familiarisierte Wörter und nicht-familiarisierte Wörter relativ zu den Wortanfängen in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern mit einer Länge von 50 ms mithilfe von t-Tests verglichen. Die Zeitfenster wurden in Schritten von 25 ms, beginnend bei 0 ms (d. h. 0-50 ms, 25-75 ms, ...; vgl. Van Turenout et al., 1999) verschoben. Signifikante Unterschiede in vier aufeinanderfolgenden Zeitfenstern wurden als Nachweis für das Auftreten eines Wiederholungseffekts gewertet. Das in der Literatur beschriebene Zeitfenster des Worterkennungseffekts (200-500 ms nach Wort-Onset) wurde dem ermittelten Onset des Wiederholungseffekts entsprechend angepasst.

Jede Familiarisierungsphase bestand aus 12 Sätzen (vgl. 3.2.3). In der Analyse der Familiarisierungsphase wurden frühe Präsentationen der Zielwörter (Sätze 1-5) späten Präsentationen der Zielwörter (Sätze 8-12) gegenübergestellt. Frühe Präsentationen sind

vergleichbar mit nicht-familiarisierten Wörtern. Im Verlauf der Familiarisierung werden diese vertrauter, so dass die Hirnantwort auf späte Präsentationen der Zielwörter familiarisierten Wörtern ähneln sollte. In die Analyse der Familiarisierungsphase gehen daher frühe Präsentationen der Zielwörter als nicht-familiarisierte Wörter und späte Präsentationen der Zielwörter als familiarisierte Wörter in den Faktor Wiederholung ein.

Für die statistische Analyse der Zielwörter innerhalb der Familiarisierung wurde ein Linear Mixed Model (LMM) mit den Faktoren Wiederholung (1.-5. Präsentation/8.-12. Präsentation), Sprache (Deutsch/Französisch), Region (Frontal/Zentral/Posterior) und Sprachreihenfolge (Sprachreihenfolge 1 (Französisch-Deutsch)/Sprachreihenfolge 2 (Deutsch-Französisch)) gerechnet. In das Linear Mixed Model zur statistischen Auswertung der Testphase gingen die Faktoren Familiarität (familiarisiert/nicht-familiarisiert), Sprache (Deutsch/Französisch), Region (Frontal/Zentral/Posterior) und Sprachreihenfolge (Sprachreihenfolge 1 (Französisch-Deutsch)/Sprachreihenfolge 2 (Deutsch-Französisch)) als Fixed Factors und der Faktor Proband als Random Factor ein. Es wurde R Version 4.2.1 (R Development Core Team, 2016) und die R Funktion `lmer` des `lme4` Pakets Version 1.1-30 (Bates et al., 2015) verwendet, um die oben definierten Linear Mixed Models zu berechnen. Das `emmeans`-Paket (Version 1.8.0) wurde für paarweise Vergleiche im Falle einer signifikanten Interaktion von Faktoren verwendet. Eine Korrektur der errechneten p-Werte erfolgte nicht, da keine Multiplizität vorlag.

3.3 Ergebnisse

Die Familiarisierungs- und Testphasen wurden separat analysiert. Zunächst erfolgte die Analyse der EKPs auf die Wortverarbeitung während der Familiarisierung. Dadurch können bereits Lernprozesse während der Familiarisierungsphase untersucht werden. Darüber hinaus könnten eventuell ausbleibende Effekte in der Testphase durch die Ergebnisse der Wortverarbeitung in der Familiarisierungsphase erklärt werden.

Danach erfolgte die Analyse der EKPs auf die Worterkennung innerhalb der Testphase. Die Analyse beider Phasen ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der Fähigkeiten der Wortsegmentierung und Worterkennung der 9 Monate alten monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglinge.

3.3.1 Familiarisierungsphase

Für die Familiarisierungsphase wurde der Beginn eines möglichen Wiederholungseffekts separat für beide Sprachen ermittelt und das literaturbasierte Zeitfenster der Worterkennung (200-500 ms nach Wort-Onset) auf den Onset des Effekts verschoben. Dafür wurden die Gesamtmittelwerte der EKPs der frühen Präsentationen der Zielwörter mit denen der späten Präsentationen verglichen (vgl. 3.2.5).

Für das Deutsche setzte der Effekt in der Familiarisierungsphase ab 50 ms nach Wort-Onset ein, daher wurde das Zeitfenster 50-350 ms für die statistische Analyse gewählt. Für die französischen Stimuli setzte der Effekt ab 450 ms nach Wort-Onset ein. Das gewählte Zeitfenster für die statistische Analyse der Familiarisierungsphase für das Französische wurde daher auf 450-750 ms festgelegt.

In der Familiarisierungsphase zeigten sich für die individuellen Analyse-Zeitfenster der Sprachen Deutsch und Französisch signifikante Effekte und Interaktionen für die Faktoren Wiederholung, Sprache und Region (siehe Tabelle 3.3).

Table 3.3 Wortverarbeitung während der Familiarisierungsphase

Ergebnisse des LMM für die gemittelten Amplituden im Zeitfenster 50-350 ms für Deutsch und 450-750 ms für Französisch relativ zum Wort-Onset der in den Satz eingebetteten Zielwörter.

Monolinguale Säuglinge (9 Monate)				
Prädiktor	Estimate	SE	p	
Intercept	-1,22	0,39	.004	
Wiederholung	-0,89	0,14	< .001	
Sprache	-0,77	0,14	< .001	
Region (Zentral)	-0,09	0,20	.635	
Region (Frontal)	-0,69	0,20	< .001	
Sprachreihenfolge (SR)	0,27	0,39	.494	
Wiederholung*Sprache	0,11	0,14	.436	
Wiederholung*Region (Zentral)	-0,02	0,20	.911	
Wiederholung*Region (Frontal)	-0,90	0,20	< .001	
Frontal	-3,59	0,49	< .001	
Zentral	-1,83	0,49	< .001	
Sprache*Region (Zentral)	-0,32	0,20	.106	
Sprache*Region (Frontal)	-0,75	0,20	< .001	
Wiederholung*SR	-0,32	0,14	.026	
Sprache*SR	0,21	0,14	.129	
Region (Zentral)*SR	0,16	0,20	.437	
Region (Frontal)*SR	0,23	0,20	.236	
Wiederholung*Sprache*Region (Zentral)	-0,02	0,20	.936	
Wiederholung*Sprache*Region (Frontal)	0,03	0,20	.887	
Wiederholung*Sprache*SR	0,11	0,14	.435	
Wiederholung*Region (Zentral)*SR	-0,19	0,20	.345	
Wiederholung*Region (Frontal)*SR	0,32	0,20	.109	
Sprache*Region (Zentral)*SR	0,11	0,20	.599	
Sprache*Region (Frontal)*SR	-0,35	0,20	.079	
Wiederholung*Sprache*Region (Zentral)*SR	0,03	0,20	.885	
Wiederholung*Sprache*Region (Frontal)*SR	0,11	0,20	.581	

In den Ergebnissen zeigten sich Haupteffekte für die Faktoren Wiederholung, Sprache und Region. Der Haupteffekt für den Faktor Wiederholung ($t = -6.26$, $df = 2124$, $p < .001$) zeigt, dass monolinguale Säuglinge sowohl für die deutschen als auch die französischen Stimuli einen Wiederholungseffekt zeigen. Für das Deutsche ($t = -2.00$, $df = 2146$, $p < .001$) zeigten

die 9 Monate alten Säuglinge in dem Zeitfenster 50-350 ms nach Wort-Onset fronto-zentral eine negativere EKP-Antwort auf die späten Präsentationen (8-12) der Zielwörter im Vergleich zu den frühen Präsentationen (1-5) (siehe Abb. 3.2). Für das Französische ($t = -1.56$, $df = 2146$, $p < .001$) zeigte sich ein Wiederholungseffekt als fronto-zentrale Negativität im Zeitfenster 450-750 ms nach Wortbeginn ebenfalls als Reaktion auf die späten Präsentationen der Zielwörter gegenüber den ersten (siehe Abb. 3.2).

Alle weiteren gefundenen Interaktionen beinhalten nicht die Faktoren Familiarität und Sprache, die jedoch für die Fragestellung relevant sind. Daher werden diese nicht näher betrachtet.

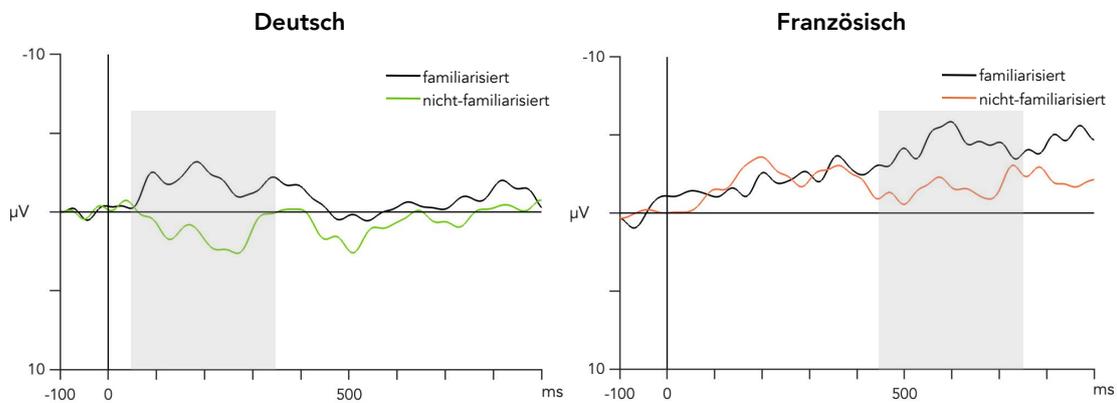


Abbildung 3.2 Familiarisierungsphase

Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten für die in Sätze eingebetteten familiarisierten Zielwörter (8-12) (schwarze Linie) im Vergleich zu den nicht-familiarisierten Zielwörtern (1-5) (farbige Linie, Deutsch = grün, Französisch = orange) für die Sprachen Deutsch und Französisch (an frontaler (F3, FC3, FZ, FC4, F4) und zentraler (CP5, C3, CZ, C4, CP6) Elektrodenregion). Der graue Balken repräsentiert das jeweilige Zeitfenster der statistischen Analyse (Deutsch: 50-350 ms, Französisch: 450-750 ms).

3.3.2 Testphase

In der Testphase zeigten sich im Zeitfenster 200-500 ms signifikante Effekte und Interaktionen der Faktoren Familiarität, Sprache, Region und Sprachreihenfolge. Tabelle 3.4 gibt einen Überblick über alle Ergebnisse der Testphase.

Tabelle 3.4 Wortverarbeitung während der Testphase

Ergebnisse des LMM für die gemittelten Amplituden im Zeitfenster 200-500 ms relativ zum Beginn der einzelnen Zielwörter.

Monolinguale Säuglinge (9 Monate)			
Prädiktor	Estimate	SE	p
Intercept	1,09	0,36	.006
Familiarität	-0,63	0,11	<.001
Sprache	-0,44	0,11	<.001
Region (Zentral)	0,97	0,16	<.001
Region (Frontal)	2,74	0,16	<.001
Sprachreihenfolge (SR)	-0,23	0,38	.544
Familiarität*Sprache	0,21	0,11	.058
Familiarität*Region (Zentral)	0,03	0,16	.843
Familiarität*Region (Frontal)	-0,58	0,16	<.001
Sprache*Region (Zentral)	-0,22	0,16	.169
Sprache*Region (Frontal)	-0,20	0,16	.209
Familiarität*SR	-0,003	0,11	.979
Sprache*SR	-0,35	0,11	.002
Region (Zentral)*SR	-0,15	0,16	.351
Region (Frontal)*SR	0,24	0,16	.127
Familiarität*Sprache*Region (Zentral)	-0,12	0,16	.436
Familiarität*Sprache*Region (Frontal)	0,31	0,16	.053
Familiarität*Sprache*SR	-0,21	0,11	.065
Familiarität*Region (Zentral)*SR	0,19	0,16	.217
Familiarität*Region (Frontal)*SR	-0,26	0,16	.100
Sprache*Region (Zentral)*SR	-0,33	0,16	.039
Sprache*Region (Frontal)*SR	0,006	0,16	.971
Familiarität*Sprache*Region (Zentral)*SR	0,07	0,16	.680
Familiarität*Sprache*Region (Frontal)*SR	-0,07	0,16	.638

Im Folgenden werden nur die Ergebnisse von Interaktionen näher betrachtet, die die Faktoren Familiarität und Sprache einschließen, da nur diese für die Fragestellung dieser Studie relevant sind. Es zeigen sich Haupteffekte für die Faktoren Familiarität, Sprache und

Region. Der Haupteffekt für Familiarität ($t = -5.58$, $df = 2124$, $p < .001$) zeigt, dass die 9 Monate alten Säuglinge sowohl für die deutschen als auch für die französischen Stimuli einen signifikanten Familiaritätseffekt in der Worterkennung zeigen. Der Effekt trat als negative EKP-Antwort in beiden Sprachen (Deutsch: $t = -5.26$, $d = 2146$, $p < .001$; Französisch: $t = -2.59$, $d = 2146$, $p = .009$) in einem Zeitfenster von 200-500 ms auf, was darauf hindeutet, dass die Säuglinge die Zielwörter bereits während des Hörens der 1. Silbe wiedererkannten (vgl. Wortlänge der Zielwörter in der Testphase, Tabelle 3.1) (Abb. 3.3).

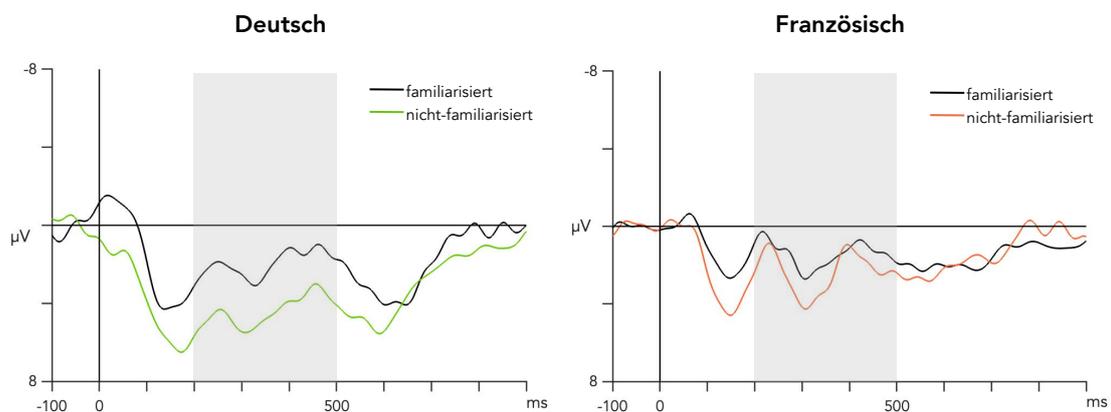


Abbildung 3.3 Testphase

Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten für die isoliert produzierten familiarisierten Zielwörter (schwarze Linie) im Vergleich zu den nicht-familiarisierten Zielwörtern (farbige Linie, Deutsch = grün, Französisch = orange) für die Sprachen Deutsch und Französisch (an frontaler (F3, FC3, FZ, FC4, F4) und zentraler (CP5, C3, CZ, C4, CP6) Elektrodenregion). Der graue Balken repräsentiert das Zeitfenster der statistischen Analyse (200-500 ms).

Der Haupteffekt Familiarität ist zusätzlich moduliert durch die Faktoren Sprache und Region bzw. Sprache und Sprachreihenfolge.

Der Interaktionstrend für die Faktoren Familiarität, Sprache und Region ($t = 1.93$, $df = 2124$, $p = .053$) zeigt bei weiterer Analyse, dass der Familiaritätseffekt bei den deutschen Stimuli fronto-zentral (frontal: $t = -6.25$, $d = 2146$, $p < .0001$; zentral: $t = -2.47$, $d = 2146$, $p = .01$) auftrat, bei dem französischen Sprachmaterial nur frontal ($t = -2.48$, $d = 2146$, $p = .01$) (siehe Abb. 3.4).

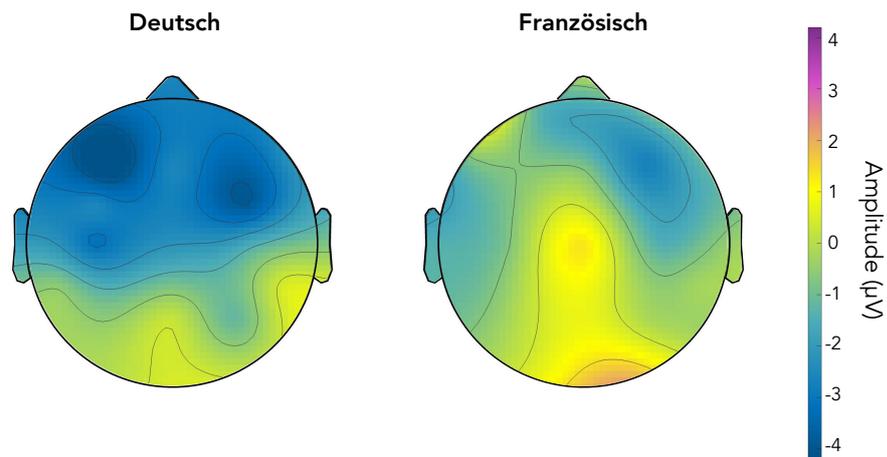


Abbildung 3.4 Topoplot des Worterkennungseffektes in der Testphase

Der Topoplot basiert auf der Differenzwellenform, die für die Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten aller Elektroden durch Subtraktion der EKPs der nicht-familiarisierten Zielwörter von den EKPs der familiarisierten Zielwörter separat für beide beiden Sprachen (Deutsch und Französisch) im Zeitfenster 200-500 ms berechnet wurde.

Der Interaktionstrend für die Faktoren Familiarität, Sprache und Sprachreihenfolge ($t = -1.84$, $df = 2124$, $p = .065$) zeigt bei weiterer Analyse, dass die stärkere Negativierung für die familiarisierten Zielwörter gegenüber den nicht-familiarisierten Wörtern für Deutsch und Französisch nur bei den Säuglingen auftrat, die Französisch zuerst hörten (Französisch: $t = -2.76$, $d = 2146$, $p = .006$; Deutsch: $t = -2.81$, $d = 2146$, $p = .005$). Die Gruppe der Säuglinge die zuerst Deutsch hörte, zeigte die Negativierung nur für die deutschen Stimuli jedoch nicht für die im Anschluss getesteten französischen Stimuli (Deutsch: $t = -4.62$, $d = 2146$, $p < .0001$; Französisch: $t = -0.90$, $d = 2146$, $p = .37$) (siehe Abb. 3.5).

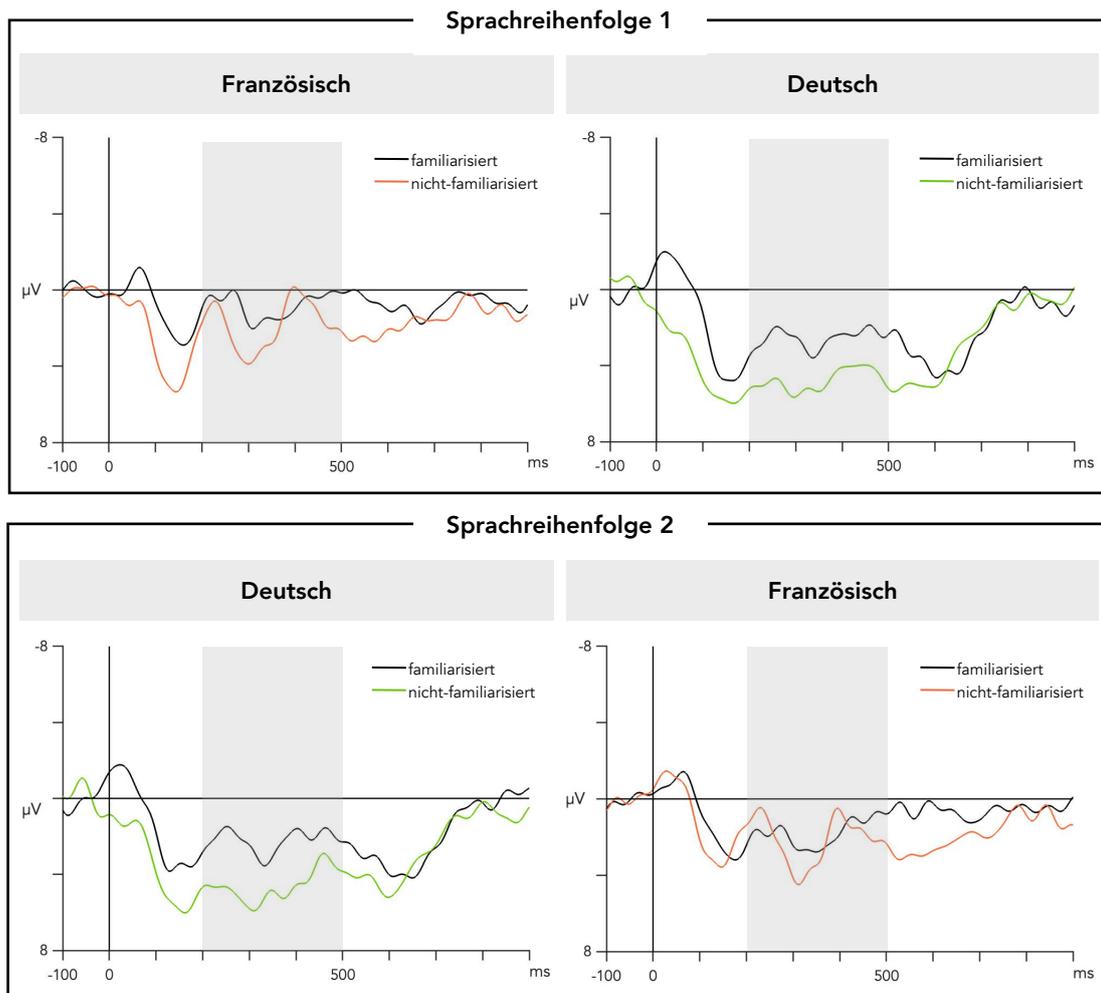


Abbildung 3.5 Testphase - Sprachreihenfolge

Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten für isoliert präsentierte familiarisierte Zielwörter (schwarze Linie) im Vergleich zu nicht-familiarisierten Zielwörtern (farbige Linie: Grün = Deutsch, Orange = Französisch) geordnet nach Sprachreihenfolge (an frontaler (F3, FC3, FZ, FC4, F4) und zentraler (CP5, C3, CZ, C4, CP6) Elektrodenregion). Säuglinge der Sprachreihenfolge 1 hörten zuerst Französisch und im Anschluss Deutsch, Säuglinge in Sprachreihenfolge 2 vice versa.

3.4 Diskussion

In der vorliegenden elektrophysiologischen Studie wurden die Wortsegmentierungsfähigkeiten von 9 Monate alten monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen für ihre Muttersprache Deutsch und für die Nicht-Muttersprache Französisch untersucht. Die erhobenen EKP-Daten liefern sowohl Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung der Muttersprache Deutsch als auch eine erfolgreiche crosslinguistische Wortsegmentierung für

die Sprache Französisch. Für beide Sprachen zeigte sich eine stärkere Negativierung bei der Präsentation der familiarisierten gegenüber den nicht-familiarisierten Wörtern. Dies entspricht Ergebnissen vergleichbarer Studien zur frühen Wortsegmentierung (Goyet et al., 2010; Kooijman et al., 2005; Männel & Friederici, 2013).

Die vorliegende Studie liefert im Vergleich zu vorherigen behavioralen Studien (vgl. Polka & Sundara, 2012) Evidenz für Segmentierungsfähigkeiten monolingual aufwachsender Säuglinge in einer nicht-nativen Sprache. Die crosslinguistische Segmentierungsleistung für die französischen Stimuli zeigte sich, wie für die Muttersprache Deutsch, im Zeitfenster 200-500 ms durch eine stärkere Negativierung der EKP-Antworten auf die familiarisierten Wörter verglichen mit den nicht-familiarisierten Wörtern. Dies deutet darauf hin, dass monolingual aufwachsende Säuglinge eine ihnen unbekannte Sprache segmentieren können und deren Wörter später wiedererkennen, selbst dann, wenn diese Sprache einer anderen Rhythmuskategorie angehört als ihre eigene Muttersprache. Diese Fähigkeit zeigt sich im gleichen Alter wie die Fähigkeit zur Segmentierung der Muttersprache. Bezogen auf die Worterkennung in der Testphase zeigte sich kein sprachspezifischer Verarbeitungsnachteil für die monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglinge, da sowohl für die Muttersprache Deutsch als auch die Nicht-Muttersprache Französisch der Familiaritätseffekt im gleichen Zeitfenster nachgewiesen werden konnte.

Verarbeitungsunterschiede zwischen den beiden Sprachen zeigten sich jedoch in der Familiarisierungsphase. Innerhalb dieser setzte der Wiederholungseffekt für das Deutsche bereits bei 50 ms nach Wort-Onset des Zielwortes ein, im Französischen erst ab 450 ms nach Wortbeginn. Der Latenzunterschied für das Französische könnte aufgrund der Präsentation der Nicht-Muttersprache zustande kommen, da die Sprachverarbeitung dieser möglicherweise mit einem erhöhten kognitiven Aufwand verbunden ist. Darüber hinaus könnte die lexikalische Umgebung der Zielwörter in der Familiarisierung eine wesentliche Rolle spielen. Bereits von Geburt an erwerben Säuglinge funktionale Elemente und stützen sich dabei auf Frequenz- und Klangeigenschaften (Shi et al., 1999). Im Alter von 6 Monaten sind Säuglinge in der Lage, einzelne funktionale Morpheme in ihrer Muttersprache zu segmentieren und zu speichern, wobei sie mit hochfrequenten Morphemen beginnen. So ermöglichen beispielsweise bereits bekannte Funktionswörter die Segmentierung

angrenzender lexikalischer Wörter. In einer behavioralen Studie untersuchten Shi & Lepage (2008) den Einfluss eines vorhandenen Determinierers auf die Segmentierung eines nachfolgenden Nomens bei Französisch lernenden 8 Monate alten Säuglingen. Die Säuglinge wurden mit Wortgruppen (Determinierer + Nomen) die einen im Französischen existierenden Determinierer (z. B. des preuves) und eine Nonsense-Determinierer (z. B. kes sangles) enthielten familiarisiert. Getestet wurden die Säuglinge mit isolierten Nomen aus der Familiarisierung (z. B. preuves (vs.) sangles). Die Säuglinge zeigten eine Präferenz für die Nomen aus dem Determinierer-Kontext. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass der Determinierer die Segmentierung des angrenzenden Wortes unterstützte. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch mit Englisch aufwachsenden Säuglingen gefunden (Shi, Werker & Cutler, 2006). Der Latenzunterschied der vorliegenden Studie für die Verarbeitung des französischen gegenüber dem deutschen Material könnte somit auch durch die fehlende Unterstützung durch Funktionswörter bei der Segmentierung des für die Säuglinge unbekanntes Französischen erklärt werden. Für die Muttersprache Deutsch stehen den Säuglingen möglicherweise bereits einzelne hochfrequente Funktionswörter zur Verfügung, die die Segmentierung der angrenzenden lexikalischen Wörter unterstützen. Dies ist für die nicht-native Sprache Französisch nicht der Fall.

Eine weitere mögliche Erklärung für den Latenzunterschied könnte die Betonung der französischen Zielwörter sein. Die Negativierung für das Französische fiel mit der betonten, zweiten Silbe der französischen Zielwörter zusammen. Der einzige prosodische Cue in den französischen Stimuli ist die Dauerdifferenz zwischen der 1. und 2. Silbe der Zielwörter (vgl. Tabelle 3.1). Um diese festzustellen müssen die 9 Monate alten Säuglinge der 2. Silbe mindestens so lange zuhören wie der 1. Silbe. Erst im Anschluss ist die Dauerdifferenz wahrnehmbar. Dass jedoch nicht nur die betonte Silbe verarbeitet wurde, zeigen die Ergebnisse der Testphase. Der signifikante Familiaritätseffekt setzt hier bereits auf der 1. Silbe der französischen Zielwörter ein. Das zeigt, dass die Säuglinge nicht nur auf die betonte Silbe der Zielwörter reagieren, sondern deutet darauf hin, dass sie das gesamte französische Wort wiedererkennen. Dies widerspricht den Daten von Niederländisch lernenden Säuglingen, bei denen keine erfolgreiche Segmentierung von jambischen Zielwörtern im Niederländischen im Alter von 10 Monaten nachgewiesen werden konnte

(Kooijman et al., 2009). Das heißt, Deutsch lernende Säuglinge nutzten weitere Informationen aus dem Sprachstrom, um die jambischen Zielwörter im Französischen zu segmentieren – Zielwörter, die nicht dem rhythmischen Muster ihrer Muttersprache entsprechen. Eine mögliche Erklärung dafür wäre die Anzahl der Präsentationen der Zielwörter während der Familiarisierung. Männel & Friederici (2013) konnten in einer EEG-Messung bei 9 Monate alten Deutsch lernenden Säuglingen einen Einfluss der Wiederholung der Zielwörter auf die Segmentierungsfähigkeit nachweisen. Die Präsentation von mindestens 8 Token eines Zielwortes führte zu einem signifikanten Familiaritätseffekt. In der vorliegenden Studie wurden alle Zielwörter je 12-mal in der Familiarisierungsphase präsentiert. Diese häufigen Wiederholungen könnten die Deutsch aufwachsenden Säuglinge zur Segmentierung der französischen Wörter genutzt haben.

Eine weitere mögliche Erklärung für die erfolgreiche Segmentierung der jambischen Zielwörter im Französischen wäre auch das Nutzen von TPs (transitional probabilities, Übergangswahrscheinlichkeiten). Da die Silben der Zielwörter in der vorliegenden Studie nie außerhalb dieser Zweisilber vorkamen, ergibt sich eine Übergangswahrscheinlichkeit von 1 zwischen diesen. Somit könnten die Säuglinge sowohl *forward TPs* (vorwärtsgerichtete Übergangswahrscheinlichkeiten) als auch *backward TPs* (rückwärtsgerichtete Übergangswahrscheinlichkeiten) zur Segmentierung nutzen. Letztere würden erklären wie Deutsch aufwachsende Säuglinge französische Zweisilber wiedererkennen können, wenn sie zunächst prosodische Informationen nutzen, um die betonte Silbe im Sprachstrom zu segmentieren. Dies würde bedeuten, dass die Säuglinge zunächst die betonte Silbe aus den französischen Wörtern segmentieren und im weiteren Verlauf der Verarbeitung der sprachlichen Stimuli aufgrund der *backward TPs* die vorangestellte Silbe hinzufügen, da sie der betonten Silbe stets voraus geht. Dass Säuglinge im Alter von 8 Monaten *backward TPs* zur Segmentierung nutzen, konnten Pelucchi, Hay & Saffran (2009) mit Englisch aufwachsenden Säuglingen, die italienische Zweisilber mithilfe distributioneller Cues segmentierten, zeigen.

Dass deutschsprachige Säuglinge auch distributionelle Cues zur Segmentierung nutzen können zeigten Marimon, Höhle & Langus (2022). Die Autor:innen untersuchten mithilfe einer künstlichen Sprache, ob sowohl prosodische Cues als auch TPs simultan bei der

Segmentierung des Sprachstroms genutzt werden oder ob es eine Präferenz für einen der Cues bei 9 Monate alten Säuglingen gibt. Marimon et al. (2022) fanden Evidenz für die Nutzung beider Cues, wobei sich eine große individuelle Variabilität bei der Gewichtung der beiden Cues zeigte.

In diesem Zusammenhang wäre eine weitere Untersuchung mit deutschen jambischen Wörtern interessant. So könnte überprüft werden, ob sich bei monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen Unterschiede in der Segmentierung von Jamben im Vergleich zu trochäischen Wörtern zeigen. Dies könnte zur Klärung der Frage beitragen, ob die monolingualen Säuglinge der vorliegenden Studie bei der Segmentierung des französischen Materials einen späten Familiaritätseffekt aufgrund der erst auf der 2. Silbe auftauchenden Betonung zeigen oder ob dieser Latenzunterschied aufgrund der Segmentierung von nicht-muttersprachlichem Material und damit einer erhöhten kognitiven Anforderung zustande kommt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bezogen auf den Einfluss der Sprachreihenfolge deuten darauf hin, dass für die deutschsprachigen Säuglinge die Wiederholungen der französischen Zielwörter innerhalb der Familiarisierungsphase allein nicht ausreichend informativ für eine erfolgreiche Segmentierung der nicht-nativen Sprache waren. Die monolingualen Säuglinge segmentierten die beiden Sprachen Deutsch und Französisch nur dann, wenn sie Französisch zuerst hörten. Säuglinge die zuerst Deutsch hörten, segmentierten das Deutsche, jedoch die danach präsentierten französischen Stimuli nicht. Da in beiden Sprachreihenfolgen jedoch die gleiche Anzahl an Zielwörtern innerhalb der Familiarisierung präsentiert wurde, kann der Unterschied in der Segmentierungsleistung des Französischen nicht auf die Wiederholung zurückgeführt werden. Vielmehr spricht dieses Ergebnis dafür, dass Deutsch lernende Säuglinge bei der Segmentierung des Französischen auch distributionelle Cues nutzten. Die Asymmetrie in der Segmentierungsleistung im Französischen bezogen auf die Sprachreihenfolge deutet darauf hin, dass der Wechsel zwischen einer Segmentierungsprozedur, die überwiegend prosodische Informationen nutzt, hin zu einer Segmentierung mit dem Fokus auf distributionelle Cues für monolingual Deutsch lernende Säuglinge anspruchsvoller zu sein scheint als der Wechsel von einer distributionellen Segmentierung hin zu einer rhythmischen Segmentierung. Denkbar wäre, dass die Säuglinge in eine Art prosodischen Segmentierungsmodus geraten und mehr Zeit

bzw. Input in der nicht-nativen Sprache Französisch benötigen, um auf die Beachtung der distributionellen Cues „umzuschwenken“. Diese Hypothese könnte in weiteren Untersuchungen überprüft werden.

Die Ergebnisse bezogen auf die Unterschiede in der Ausbreitung der Hirnaktivität innerhalb der Testphase deuten darauf hin, dass die Worterkennung für die Muttersprache bei den deutschsprachig aufwachsenden Säuglingen eine breitere neuronale Aktivität auslöst als die der Nicht-Muttersprache Französisch. So zeigte sich bei der Verarbeitung der deutschen Stimuli innerhalb der Testphase eine fronto-zentrale Aktivität, bei der Verarbeitung des französischen Sprachmaterials eine frontale Hirnaktivität. Der regionale Effekt für die Verarbeitung der Muttersprache wurde auch in vergleichbaren Segmentierungsstudien mit monolingualen Säuglingen berichtet (Kooijman et al., 2009; Männel & Friederici, 2013).

Die vorliegende Studie liefert erstmals Evidenz für eine crosslinguistische Segmentierung zwischen zwei Sprachen unterschiedlicher Rhythmusklassen in einer monolingualen Population. Monolingual Deutsch aufwachsende 9 Monate alte Säuglinge waren in der Lage sowohl das deutsche als auch das französische Sprachmaterial zu segmentieren. Der Wechsel von einer rhythmisch basierten Segmentierung in eine nicht-rhythmisch basierte Segmentierung scheint für die deutschsprachig aufwachsenden Säuglinge schwieriger zu sein, als der Wechsel von einer nicht-rhythmisch basierten Segmentierung in eine rhythmische.

3.5 Schlussfolgerung

Zusammenfassend zeigt die aktuelle Studie zur Wortsegmentierung von Deutsch aufwachsenden Säuglingen, dass diese im Alter von 9 Monaten in der Lage sind sowohl Ihre Muttersprache Deutsch als auch die rhythmisch unähnliche Sprache Französisch erfolgreich zu segmentieren. Die Fähigkeit zur Segmentierung der Nicht-Muttersprache zeigte sich im gleichen chronologischen Alter wie die für die Muttersprache. In der Testphase zeigte sich der Familiaritätseffekt für das französische Material darüber hinaus im gleichen Zeitfenster wie für die deutschen Stimuli.

Demgegenüber scheint jedoch die Segmentierung der Nicht-Muttersprache Französisch in der Familiarisierungsphase in einer Verarbeitungsverzögerung gegenüber der Muttersprache Deutsch zu resultieren.

4

Frühe Wortsegmentierung: Eine elektro-physiologische Untersuchung von bilingual Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen

4.1 Einleitung

Neugeborene erlernen ihre Muttersprache(n) scheinbar mühelos. Jedoch ist der Erwerb einer oder mehrerer Muttersprachen keineswegs so trivial wie es vielleicht scheint. Eine der grundlegenden Aufgaben des Kindes besteht darin, Wörter in der es umgebenden Sprache zu finden. Gesprochene Sprache ist kontinuierlich, das heißt, Wortgrenzen werden nicht zuverlässig durch akustische Parameter wie Pausen markiert. Um einen Wortschatz aufzubauen, muss das sprachlernende Kind zunächst die Fähigkeit entwickeln, eine mögliche Wortform im kontinuierlichen Sprachstrom zu erkennen (Wortsegmentierung).

Frühe Wortsegmentierungsfähigkeiten sind sprachspezifisch und bilden sich bereits im ersten Lebensjahr heraus (Polka & Sundara, 2012). Um Wortgrenzen im Sprachstrom zu identifizieren, nutzen Säuglinge unterschiedliche sprachliche Hinweise (Cues) im Input. Eine Vielzahl von Studien untersuchte diese Cues im sprachlichen Input von Säuglingen und konnten deren Wahrnehmung und Nutzung in Segmentierungsaufgaben belegen. Folgende Cues gelten als informativ für Säuglinge: prosodische Cues (Curtin et al., 2005; Jusczyk, Cutler, et al., 1993; Jusczyk et al., 1999; Nazzi et al., 1998; Polka & Sundara, 2012), distributionelle Cues (Graf Estes, Gluck & Bastos, 2015; Saffran, Aslin & Newport, 1996), koartikulatorische Cues (Hohne & Jusczyk, 1994; Johnson & Jusczyk, 2001) oder auch phonotaktische Informationen (Mattys et al., 1999; Seidl, Cristià, Bernard & Onishi, 2009).

Viele der Studien untersuchten mithilfe der behavioralen Methode des Headturn Preference Paradigmas (HPP) frühe Wortsegmentierungsfähigkeiten. Die wegweisenden Studien von Jusczyk und Kollegen zeigten, dass Englisch lernende Säuglinge im Alter von 6 bis 7,5 Monaten in der Lage sind, einsilbige Wörter (Jusczyk & Aslin, 1995) und ab einem Alter von 7,5 Monaten auch zweisilbige Wörter aus dem Sprachstrom zu segmentieren (Jusczyk et al., 1999). Für andere Sprachen konnten frühe Wortsegmentierungsfähigkeiten ebenfalls in

einem vergleichbaren Alter nachgewiesen werden: für das Niederländische im Alter von 7 Monaten (Kooijman, Junge, Johnson, Hagoort & Cutler, 2013); für das Französische im Alter von 8 Monaten (Nazzi et al., 2008) und für Spanisch und Katalanisch im Alter von 6 Monaten (Bosch et al., 2013). Deutsch lernende Säuglinge sind im Alter von 9 Monaten in der Lage, Zweisilber aus dem Sprachfluss zu segmentieren (Bartels et al., 2009).

Crosslinguistische Untersuchungen zeigen, dass eine Segmentierung einer nicht-nativen Sprache für Säuglinge nur dann möglich ist, wenn diese die rhythmischen Eigenschaften der Muttersprache teilt (Houston, Jusczyk, Kuijpers, Coolen & Cutler, 2000; Pelucchi, Hay & Saffran, 2009; Polka, Orena, Sundara & Worrall, 2017; Polka & Sundara, 2012). Dass eine Segmentierung über Rhythmusklassen hinweg nicht möglich zu sein scheint, zeigten Polka et al. (2017). Die Autor:innen testeten monolingual Kanadisch-Englisch bzw. Kanadisch-Französisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 9 Monaten in einem HPP-Experiment mit englischen und französischen Stimuli. Englisch zählt zu den akzentzählenden Sprachen, wohingegen Französisch den silbenzählenden Sprachen zugeordnet wird (Abercrombie, 1967). Die monolingualen Säuglinge segmentierten ihre Muttersprache, nicht jedoch die für sie nicht-native Sprache. Dies deutet darauf hin, dass eine rhythmusbasierte Segmentierungsprozedur nicht auf eine rhythmisch differente Sprache angewendet werden kann und vice versa.

Diese Sprachspezifität der Wortsegmentierung wirft die Frage auf, inwieweit bilinguale Säuglinge in der Lage sind, Wörter in beiden Muttersprachen zu segmentieren. Nutzen bilinguale Säuglinge, die zwei rhythmisch unterschiedliche Sprachen erlernen, auch zwei verschiedene Segmentierungsprozeduren oder versuchen sie, mithilfe einer einzigen Segmentierungsprozedur Wörter in beiden Muttersprachen zu identifizieren? In letzterem Fall würde eine der beiden Sprachen nur ungenügend analysiert werden, wodurch es zu einem Erwerbsnachteil für diese Sprache kommen könnte. Ergebnisse bisheriger Studien, die mit behavioralen oder elektrophysiologischen Methoden die Wortsegmentierung in einer bilingualen Population untersuchten, können diese Frage nicht vollständig beantworten.

Bosch et al. (2013) untersuchten die Wortsegmentierungsfähigkeiten von 6 und 8 Monate alten Spanisch-Katalanisch lernenden Säuglingen mit dem HPP. Spanisch und Katalanisch

gehören zu den silbenzählenden Sprachen. Beide Altersgruppen zeigten eine erfolgreiche Wortsegmentierung: Spanisch-dominante bilinguale Säuglinge waren in der Lage, einsilbige spanische Zielwörter aus den Textpassagen zu segmentieren und katalanisch-dominante bilinguale Säuglinge zeigten vergleichbare Ergebnisse mit katalanischem Material. Allerdings testeten Bosch et al. die bilingualen Säuglinge nur in ihrer jeweils dominanten Sprache. Daher bleibt die Frage, ob bilinguale Säuglinge in der Lage sind, Wörter in beiden Muttersprachen zu segmentieren, unbeantwortet.

Singh & Foong (2012) untersuchten Englisch-Mandarin lernende Säuglinge im Alter von 7,5 Monaten in zwei Testsitzungen in beiden Muttersprachen ebenfalls mithilfe des HPP. Die Ergebnisse konnten eine erfolgreiche Wortsegmentierung von einsilbigen Zielwörtern in den Sprachen Englisch und Mandarin nachweisen. Da die Segmentierung monosyllabischer Wörter jedoch keine Kenntnis von Wortbetonungsmustern erfordert, bieten die Studien von Bosch et al. (2013) und Singh & Foong (2012) nur einen begrenzten Einblick in Wortsegmentierungsprozesse. Sie weisen jedoch darauf hin, dass Säuglinge eventuell sprachübergreifend distributionelle Cues nutzen, um einsilbige Wörter aus dem Sprachstrom zu segmentieren.

Polka, Orena, Sundara & Worrall (2017) untersuchten die Segmentierung von zweisilbigen Wörtern mit Kanadisch-Englisch und Kanadisch-Französisch lernenden 9 Monate alten bilingualen Säuglingen mit dem HPP. Beide Sprachen gehören, wie oben bereits erwähnt, unterschiedlichen Rhythmusklassen an (Abercrombie, 1967). Polka et al. (2017) adaptierten den Ablauf eines Standard-HPP-Experiments, so dass beide Sprachen (d. h. Englisch und Französisch) bei jedem Säugling innerhalb einer Sitzung getestet werden konnten (*Dual Language Task*). Die Säuglinge wurden mit englischen und französischen Textpassagen familiarisiert und anschließend mit Wortlisten, die familiarisierte und nicht-familiarisierte Wörter enthielten, getestet. Die bilingualen Säuglinge zeigten nur für das Französische eine erfolgreiche Segmentierung und auch nur dann, wenn diese Sprache zuerst getestet wurde. Diese Ergebnisse wurden nicht durch die Sprachdominanz der bilingualen Säuglinge beeinflusst. Sowohl die Französisch-dominanten als auch die Englisch-dominanten Säuglinge zeigten eine erfolgreiche Segmentierung nur für das Französische. Eine Analyse der Segmentierungsfähigkeiten der balancierten Bilingualen wurde nicht durchgeführt. Die

Ergebnisse deuten darauf hin, dass Bilinguale nur eine Segmentierungsprozedur nutzen und nicht in der Lage sind, sprachabhängig zwischen zwei oder mehreren Segmentierungsprozeduren zu wechseln. Polka et al. (2017) untersuchten aufgrund der oben beschriebenen Ergebnisse eine weitere Gruppe Englisch-Französisch aufwachsender Säuglinge nur mit englischen Stimuli in einem Standard-HPP-Setting. Es wurde nur eine Sprache (Englisch) getestet, wobei die Säuglinge zweimal die Familiarisierungsphase durchliefen. In diesem Setting zeigten die bilingualen Säuglinge eine erfolgreiche Segmentierung der englischen Stimuli. Insgesamt deuten die Ergebnisse von Polka et al. (2017) darauf hin, dass bilingual aufwachsende Säuglinge zweisilbige Wörter in beiden Muttersprachen segmentieren können, allerdings scheint der Wechsel zwischen den Segmentierungsprozeduren eine Herausforderung für bilinguale Säuglinge darzustellen.

Orena & Polka (2019) testeten ebenfalls Englisch-Französisch aufwachsende Säuglinge mit dem HPP und untersuchten den Einfluss von Sprachdominanz und Sprachmischung auf die Segmentierungsfähigkeiten von 8 und 10 Monate alten Bilingualen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bilinguale Säuglinge in der Lage sind, Zweisilber in ihrer dominanten Sprache zu segmentieren und zwar unabhängig von der Menge an Sprachmischung, die sie im Input durch ihre Bezugspersonen hören. Die Gruppe der Bilingualen, die einer stärkeren Sprachmischung durch Bezugspersonen ausgesetzt waren, zeigten auch in ihrer nicht-dominanten Sprache eine erfolgreiche Segmentierung. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Art des Sprachinputs, den bilinguale Säuglinge erhalten, einen Einfluss auf ihre Wortsegmentierungsfähigkeiten hat.

Daten einer ersten, jedoch unveröffentlichten Studie, die mithilfe eines elektrophysiologischen Verfahrens bilinguale Säuglinge untersuchte (Neophytou, Junge, Roch & Mills, 2015), liefern neue Evidenz für die Wortsegmentierungsfähigkeiten in einer bilingualen Population. Die Autorinnen untersuchten monolingual (Englisch) und bilingual (Englisch-Walisisch) aufwachsende Säuglinge im Alter von 7 und 10 Monaten mit englischen Stimuli. Die Sprachen Englisch und Walisisch gehören der gleichen Rhythmusklasse an (akzentzählend) und zeigen eine überwiegend trochäische Betonung bei zweisilbigen Wörtern. Jedoch treten einige rhythmische Eigenschaften, wie z. B. die Vokaldehnung, in beiden Sprachen in unterschiedlichen Silben auf – das Walisische zeigt im Gegensatz zu Englisch die

Vokaldehnung nicht auf der betonten Silbe, sondern auf der unbetonten Silbe. Diese in beiden Sprachen unterschiedliche Realisierung der Vokaldehnung könnte dazu führen, dass das prosodische Muster des Trochäus im Walisischen schwerer zu erkennen ist als im Englischen. Die Säuglinge wurden mit Sätzen, die je ein zweisilbiges Zielwort enthielten, familiarisiert und anschließend mit Sätzen, die entweder ein familiarisiertes oder nicht-familiarisiertes Wort enthielten, getestet. Sowohl die Monolingualen als auch die Bilingualen zeigten eine fronto-zentrale negative Komponente mit einer stärkeren Negativierung für familiarisierte Wörter als für nicht-familiarisierte Wörter. Einen Unterschied zwischen den zwei Altersgruppen (7 bzw. 10 Monate) fanden Neophytou et al. (2015) nicht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bilingual Englisch-Walisisch aufwachsende Säuglinge vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten wie monolingual Englisch aufwachsende Altersgenossen im Alter von 7-10 Monaten entwickeln. Da die bilingualen Säuglinge nur mit englischen Stimuli getestet wurden, kann allerdings nicht beantwortet werden, ob die erfolgreiche Segmentierung ein Ergebnis der Bilingualität der Probanden oder der prosodischen Gemeinsamkeiten beider Muttersprachen ist.

In einer Follow-Up-Studie testete Neophytou (2019) daher, ob eine crosslinguistische Segmentierung in den Sprachen Englisch und Walisisch möglich ist. Dazu untersuchte die Autorin 7-11 Monate alte monolingual Walisisch lernende Säuglinge mit englischen Stimuli in dem gleichen Familiarisierungsparadigma wie in der Studie von Neophytou und Kollegen (2015). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in den EKPs für familiarisierte und nicht-familiarisierte Wörter. Dies deutet darauf hin, dass die monolingual Walisisch aufwachsenden Säuglinge die englischen Stimuli nicht segmentieren konnten. Dass bilingual Englisch-Walisisch lernende Säuglinge in der Lage waren, die englischen Stimuli erfolgreich zu segmentieren, ist somit nicht auf die prosodische Ähnlichkeit der Sprachen zurückzuführen, sondern weist auf die Rolle ihrer Bilingualität und den Einfluss der englischen Sprache im kindlichen Input hin.

Die Ergebnisse der bilingualen Säuglinge zur Segmentierung zweisilbiger Wörter decken sich mit denen für einsilbige Wörter (Bosch et al., 2013; Singh & Foong, 2012) und deuten darauf hin, dass bilinguale Säuglinge eine vergleichbare Entwicklung bezogen auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten wie ihre monolingualen Altersgenossen zeigen. Da jedoch

in bisherigen Studien Segmentierungseffekte für Bilinguale entweder nur für eine der beiden Muttersprachen bzw. nur in einzelnen bilingualen Subgruppen gefunden wurden, bleibt die Frage weitgehend offen, ob bilinguale Säuglinge vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten in beiden Muttersprachen entwickeln oder ob sich Unterschiede in beiden Sprachen bezogen auf die Wortsegmentierung zeigen. Insbesondere kann die Frage nach potentiellen Unterschieden oder Gemeinsamkeiten in den der Wortsegmentierung zugrundeliegenden Prozessen in den Sprachen bilingualer Säuglinge aufgrund der bisherigen Datenlage nicht beantwortet werden. Die bisher einzige EEG-Studie, die die Segmentierungsfähigkeiten von bilingualen Säuglingen untersuchte, liefert nur Daten über die Segmentierung einer der beiden Muttersprachen, die den gleichen Rhythmusklassen angehören (Neophytou et al., 2015).

In der vorliegenden Studie wurden erstmalig bilinguale Säuglinge innerhalb einer Untersuchung in beiden Muttersprachen in dem EEG getestet. Die Studie untersucht, inwieweit 9 Monate alte Deutsch-Französisch bilingual aufwachsende Säuglinge in der Lage sind, ihre beiden Muttersprachen Deutsch und Französisch zu segmentieren. In Bezug auf die rhythmischen Sprachtypen (Abercrombie, 1967) ist das Sprachpaar Deutsch-Französisch von besonderem Interesse, da sich Deutsch als akzentzählende Sprache und Französisch als silbenzählende Sprache hinsichtlich der möglichen Segmentierungsprozeduren unterscheiden. Nutzen Deutsch-Französisch aufwachsende Säuglinge beispielsweise eine Segmentierungsprozedur basierend auf prosodischen Cues, wäre dies nur für das Deutsche, jedoch nicht für das Französische, informativ, da Wortgrenzen im Französischen aufgrund der nicht vorhandenen lexikalischen Betonung nicht durch eine prosodische Segmentierung gefunden werden können (siehe Kapitel 1). Im Französischen hingegen können Wortgrenzen beispielsweise über distributionelle Cues identifiziert werden. Die Ergebnisse aus Kapitel 2 zeigten mithilfe der behavioralen Methode des HPP, dass Deutsch-Französisch Bilinguale im Alter von 9 Monaten beide Muttersprachen segmentieren können. Unklar ist jedoch, ob den Segmentierungsfähigkeiten in beiden Sprachen unterschiedliche Verarbeitungsprozesse zugrunde liegen. Da Verarbeitungsprozesse im HPP nicht beobachtbar sind, wurden die Wortsegmentierungsfähigkeiten in der vorliegenden Studie mithilfe eines elektrophysiologischen Messverfahrens untersucht. Zusätzlich soll diese Studie

erste Erkenntnisse liefern, inwieweit ein ausgeglichener Input in zwei Sprachen gegenüber einer unbalancierten Zweisprachigkeit einen Effekt auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten hat.

4.2 Methoden

4.2.1 Probanden

In Experiment 4 wurden 32 bilingual Deutsch-Französisch aufwachsende Säuglinge (Durchschnittsalter: 9;05 Monate, Altersspanne: 8;14 - 9;29 Monate, 18 Jungen) untersucht. Diese Gruppe entsprach nicht den Säuglingen der behavioralen Studie (Experiment 2), sondern wurde neu rekrutiert. Ein Säugling wurde in Paris geboren, alle anderen Säuglinge kamen in Berlin zur Welt und wurden aus bilingual Deutsch-Französisch sprechenden Familien rekrutiert. Fünf weitere Säuglinge wurden getestet, jedoch aufgrund folgender Ausschlusskriterien nicht in die Analyse mit aufgenommen: Schreien/Unruhe während der Testung (n = 4), technischer Fehler (n = 1). Für alle Säuglinge liegt eine schriftliche Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten zur Teilnahme an der Studie und zur Nutzung der erhobenen Daten vor. Das experimentelle Verfahren wurde durch die Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig genehmigt.

Mithilfe eines detaillierten Fragebogens, der den Input eines jeden Säuglings in beiden Sprachen durch Interaktionen mit den Bezugspersonen in einer typischen Woche abschätzte, wurde der sprachliche Hintergrund der bilingualen Säuglinge ermittelt. Das heißt, der Input der Bezugspersonen wurde pro Sprache und pro Tag über den Zeitraum einer Woche gemittelt. In die Studie wurden ausschließlich simultan bilinguale Säuglinge (d. h. Input in beiden Sprachen von Geburt an) aufgenommen. Basierend auf dem Verhältnis des Inputs in beiden Sprachen konnten drei Subgruppen gebildet werden (Tabelle 4.1). Die Klassifizierung der balancierten Bilingualen orientierte sich an Bijeljac-Babic, Serres, Höhle & Nazi (2012). Alle Säuglinge dieser Studie erfüllten zusätzlich die an Byers-Heinlein, Morin-Lessard & Lew-Williams (2017) orientierten Kriterien für Bilingualität: Der Input in beiden Sprachen betrug 25 % - 75 % und keiner der Säuglinge hatte eine systematische Exposition gegenüber einer dritten Sprache.

Tabelle 4.1 Subgruppen der 9 Monate alten Deutsch-Französisch bilingualen Säuglinge

Unbalancierte Bilinguale mit französischer Sprachdominanz (UBF)	Balancierte Bilinguale (BB)	Unbalancierte Bilinguale mit deutscher Sprachdominanz (UBD)
< 40 % Input in Deutsch	40 % – 60 % Input in Deutsch und Französisch	< 40 % Input in Französisch
n = 6	n = 15	n = 11

4.2.2 Stimuli

Es wurden die deutschen und französischen Stimuli aus Experiment 3 genutzt (siehe Kapitel 3).

4.2.3 Verfahren

Die bilingualen Säuglinge wurden mit dem gleichen elektrophysiologischen Verfahren wie die monolingualen Säuglinge in Experiment 3 untersucht (siehe Kapitel 3). Aus Gründen der besseren Verständlichkeit wird das Verfahren nachfolgend erneut erläutert.

In einer EEG-Messung wurden bilinguale Säuglinge in ihren beiden Muttersprachen Deutsch und Französisch untersucht. Jeder Säugling hörte pro Sprache zwei Familiarisierungen und zwei Testphasen. Das heißt, jeder Säugling wurde innerhalb eines Experiments in den beiden Sprachen Deutsch und Französisch getestet und hörte pro Sprache zwei Textpassagen und zwei Wortlisten. Der Ablauf des Experiments ist in Abbildung 4.2 C dargestellt.

Die Präsentationsreihenfolge der Sprachen war innerhalb der Probanden ausgeglichen, d. h., die Hälfte der Säuglinge hörte zuerst die französischen Stimuli und anschließend die Deutschen, die andere Hälfte der Säuglinge vice versa. Den verschiedenen Textpassagen und Wortlisten wurden die Probanden gleichmäßig zugeteilt. Die Hälfte der Säuglinge wurde mit den französischen Wortlisten „guitares“ und „devis“ und den deutschen Wortlisten „Balken“ und „Pinsel“ familiarisiert (Set 1 bzw. 3) und die andere Hälfte mit den französischen Wortlisten „bérets“ und „surprises“ sowie den deutschen Wortlisten „Kurbel“

und „Felsen“ (Set 2 bzw. 4). Die jeweils verbleibenden Wortpaare dienten in der Testphase als nicht-familiarisierte Wörter. Jedes Set wurde von je 8 Säuglingen gehört. Tabelle 4.2 stellt die Verteilung der Probanden auf die verschiedenen Sets innerhalb des Experiments 4 dar.

Tabelle 4.2 Probandenverteilung Experiment 4

Verteilung der Probanden auf insgesamt vier Sets, die je zwei Familiarisierungen pro Sprache enthalten. Jedes Set wurde von 8 Probanden gehört (n).

Set	Sprache	Familiarisierung (Textpassagen)	Testphase (Wortlisten)	n
1	Französisch	Guitares passage	Guitares vs. Berets	8
		Devis passage	Devis vs. Surprises	
	Deutsch	Balken passage	Balken vs. Kurbel	
		Pinsel passage	Pinsel vs. Felsen	
2	Französisch	Berets passage	Guitares vs. Berets	8
		Surprises passage	Devis vs. Surprises	
	Deutsch	Kurbel passage	Balken vs. Kurbel	
		Felsen passage	Pinsel vs. Felsen	
3	Deutsch	Pinsel passage	Pinsel vs. Felsen	8
		Balken passage	Balken vs. Kurbel	
	Französisch	Devis passage	Devis vs. Surprises	
		Guitares passage	Guitares vs. Berets	
4	Deutsch	Felsen passage	Pinsel vs. Felsen	8
		Kurbel passage	Balken vs. Kurbel	
	Französisch	Surprises passage	Devis vs. Surprises	
		Berets passage	Guitares vs. Berets	

Jede Familiarisierungsphase umfasste zwei Präsentationen der Textpassage mit einem Inter-Stimulus-Intervall (ISI) von 1,5 Sekunden. Pro Familiarisierung hörte jeder Säugling 2 x 6 Sätze, die jeweils einmal das Zielwort enthielten (vgl. Abb. 4.1 A). Dies entspricht einer Familiarisierungszeit von ca. 36 Sekunden. In jeder Familiarisierung wurde das Zielwort 12-mal präsentiert.

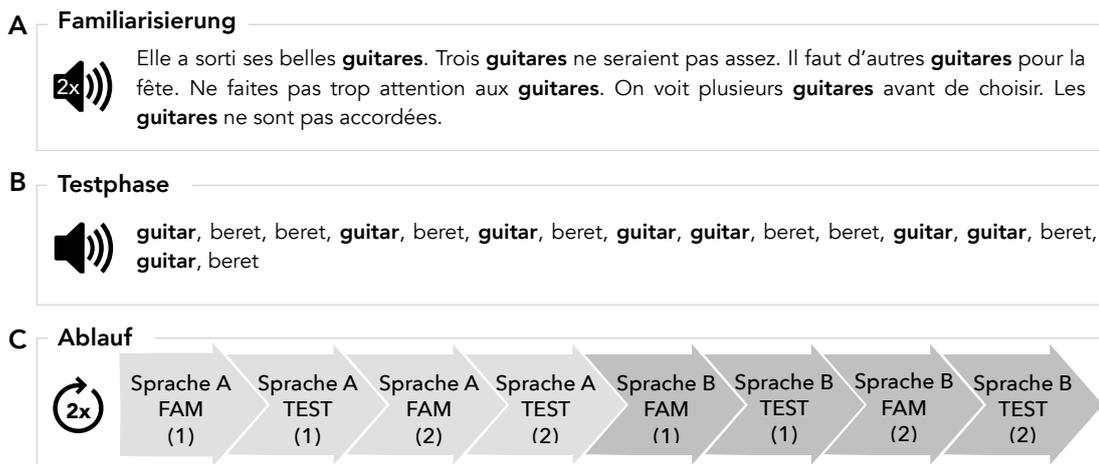


Abbildung 4.1 Experimentelles Design

(A) Die Familiarisierung bestand aus Textpassagen mit je 6 Sätzen. Diese wurde zweimal präsentiert. (B) Die Testphase bestand aus einer Wortliste mit insgesamt 16 Wörtern – 8 familiarisierten und 8 nicht-familiarisierten Wörtern. (C) Darstellung des Ablaufs von Experiment 4. Pro Sprache (A, B) wurden zwei Familiarisierungsphasen (FAM) und zwei Testphasen (TEST) (1,2) von jedem Säugling durchlaufen. Insgesamt durchlief jeder Säugling die abgebildete Abfolge von Familiarisierungs- und Testphasen zweimal.

Jede Testphase bestand aus einer Wortliste mit insgesamt 16 Wörtern (ISI = 1,7 Sekunden). Die Wortliste bestand aus je vier Token des bekannten (= familiarisierten) und eines nicht-familiarisierten Zweisilbers. Diese acht Token wurden innerhalb der Wortliste einmalig wiederholt, so dass jeder Säugling 16 Wörter pro Testphase hörte - 8 familiarisierte und 8 nicht-familiarisierte Wörter. Die Wörter wurden in einer semi-randomisierten Reihenfolge präsentiert (nicht mehr als zwei Wörter aus derselben Bedingung nacheinander) (vgl. Abb. 4.1 B). Danach folgten die Familiarisierungs- und Testphasen für die 2. Sprache. Das Experiment bestand aus zwei Durchgängen. Somit hörte jeder Säugling das ihm zugeteilte Set zweimal (vgl. Abb. 4.1 C). Über alle Testphasen des Experiments hinweg hörte jeder Säugling 32 familiarisierte Wörter und 32 nicht-familiarisierte Wörter pro Sprache. Das gesamte Experiment dauerte etwa 12 Minuten.

Die EEG-Aufzeichnung fand in einer schalldichten und elektrisch abgeschirmten Kabine statt. Während der Messung saßen die Säuglinge auf dem Schoß eines Elternteils. Die Eltern wurden angewiesen, während des Experiments nicht mit ihrem Kind zu sprechen. Um Bewegungen zu minimieren, wurden die Säuglinge mit einem kindgerechten Stummfilm

unterhalten. Der Film enthielt zu keinem Zeitpunkt Abbildungen der in der Studie genutzten Stimuli und war auch nicht zeitlich mit diesen synchronisiert. Mithilfe der Software *Presentation*® (Neurobehavioral Systems) wurde die Stimuluspräsentation gesteuert. Zwei Lautsprecher, die sich etwa einen Meter vor dem Kind befanden, präsentierten die Stimuli in einer angenehmen und für alle Säuglinge gleichbleibenden Lautstärke.

4.2.4 EEG-Datenerhebung

Das EEG wurde mit einer Abtastrate von 500 Hz und mithilfe einer Elektrodenkappe (Easy cap GmbH, Deutschland) mit Ag/AgCl-Ringelektroden, die nach dem internationalen 10–10 Elektrodensystem an frontalen (F7, F3, FC3, FZ, FC4, F4, F8), zentralen (C3, CP5, CZ, CP6, C4), temporalen (T7, T8), parietalen (P7, P3, PZ, P4, P8) und okzipitalen (O1, O2) Kopfhautpunkten angebracht waren, aufgezeichnet. Zur Überwachung der Augenbewegungen wurden horizontale und vertikale Elektrookulogramme (EOG) von Einzelelektroden aufgezeichnet, die an den äußeren Canthi beider Augen und am infra- und supraorbitalen Kamm des rechten Auges angebracht waren. Die EEG-Aufzeichnungen wurden während des Experiments auf CZ referenziert. Zusätzlich wurde eine Erdungselektrode auf der Stirn platziert. Die Elektrodenimpedanzen lagen meist unter 20 k Ω (max. 25 k Ω). EEG- und EOG-Signale wurden mit PORT-32/MREFA (REFA, Twente Medical Systems International) aufgenommen.

4.2.5 EEG-Datenanalyse

Die EEG- und EOG-Aufzeichnungen wurden offline mithilfe von EEGLAB (Swartz Center for Computational Neuroscience, Delorme & Makeig, 2004) und Matlab (Version R2021b, The Math Works Inc., 2020) verarbeitet. Die EEG-Daten wurden über das Mittel der aufgezeichneten Signale an beiden Mastoiden re-referenziert und mit einem fensterbasierten Sinc-FIR-Filter (Bandpass 1-20 Hz, Kaiser-Fenster, Beta = 7,857; Filterordnung = 1208) gefiltert, um langsame Drifts und starke Muskelartefakte zu entfernen. Anschließend wurde das kontinuierliche EEG halbautomatisch durchsucht, um Segmente mit Artefakten zu identifizieren (abnormale Werte über $\pm 100 \mu\text{V}$ und abnormale Trends über

einer maximalen Steigung von 100 μV pro Epoche und einem R-Quadrat-Grenzwert von 0,5). Die markierten Segmente, die Artefakte enthielten, wurden visuell überprüft, um den Datensatz für die unabhängige Komponentenanalyse (ICA) vorzubereiten. Weitere Segmente mit starken Artefakten wurden manuell markiert und entfernt. Im Anschluss erfolgte die Komponentenanalyse (Makeig et al., 1996), die berechneten ICA-Komponenten wurden visuell überprüft und die durch Augenbewegungen verursachten Signalkomponenten (anhand von Topographie und Kurvenform) bestimmt und gespeichert. Die referenzierten kontinuierlichen Daten wurden erneut bei 0,3-20 Hz gefiltert (gefensterter Sinc-FIR-Filter, Kaiser-Fenster, $\beta = 7,857$; Filterordnung = 824). Die ermittelten Komponenten wurden auf den 0,3 - 20 Hz-gefilterten Datensatz angewendet und zur Datenkorrektur genutzt. Es wurden EKP-Epochen von 800 ms nach Wortbeginn in der Familiarisierungsphase und von 1500 ms nach Wortbeginn in der Testphase nach Wortbeginn mit einer Prä-Stimulus-Baseline von 100 ms extrahiert. Die unterschiedlichen Epochenlängen für die Familiarisierungs- und Testphase waren durch die unterschiedliche Dauer der Zielwörter innerhalb der Textpassagen und der isolierten Darbietungen motiviert (vgl. Tabelle 3.1, Kapitel 3). Die Zielwörter in der Familiarisierung waren kürzer als in der Testphase, da sie, im Gegensatz zur Testphase, nicht isoliert, sondern in Sätzen eingebettet präsentiert wurden. Abschließend wurden die Epochen nochmals automatisch auf Artefakte durchsucht und Epochen mit einem Signalbereich von mehr als 100 μV und abnormalen Trends oberhalb einer maximalen Steigung von 100 μV und einer R-Quadrat-Grenze von 0,5 wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Der Mittelwert der abgelehnten Epochen betrug 124,1 (SD = 20,0). Die EKP-Epochen der Familiarisierungs- und Testphasen wurden für jeden Probanden, hinsichtlich jeder Bedingung (familiarisiert vs. nicht-familiarisiert) und jeder Sprache (Deutsch vs. Französisch) separat gemittelt. Im Anschluss wurden die Gesamtmittelwerte über alle Probanden hinweg ermittelt.

In die weitere Analyse wurden nur die Daten der Säuglinge einbezogen, die ein Minimum von zehn artefaktfreien Trials pro Bedingung und pro Sprache aufwiesen (25%-Kriterium; Mittelwert: 14,2; SD: 3,5). Um das Signal-zu-Rauschenverhältnis und damit die statistische Aussagekraft zu erhöhen, wurden die Daten aller Elektroden in drei Regionen von Interesse

(Regions of Interest/ROIs) eingeteilt: Frontal (FC3, F3, FZ, F4, FC4), Zentral (CP5, C3, CZ, C4, CP6) und Posterior (P7, P3, PZ, P4, P8).

Da sich die Dauer der Zielwörter innerhalb der Familiarisierungs- und Testphase unterschied, wurden die Segmentierungseffekte separat für die beiden Phasen untersucht. Für die Testphase wurde, basierend auf vergleichbaren Studien, ein Zeitfenster von 200-500 ms für die statistische Analyse der EKP-Antworten auf die Zielwörter gewählt (Junge et al., 2014; Kooijman et al., 2005, 2009; Neophytou et al., 2015). Die kürzere Dauer der Zielwörter innerhalb der Familiarisierungsphase führte dazu, dass das literaturbasierte Zeitfenster von 200-500 ms (Junge et al., 2014; Kooijman et al., 2005, 2009) nicht auf die Zielwörter der Familiarisierung angewendet werden konnte. Um den Beginn eines möglichen Wiederholungseffekts in der Familiarisierungsphase zu bestimmen, wurden zunächst die Mittelwerte der Amplituden aller Elektroden für familiarisierte Wörter und nicht-familiarisierte Wörter relativ zu den Wortanfängen in aufeinanderfolgenden Zeitfenstern mit einer Länge von 50 ms mithilfe von t-Tests verglichen. Die Zeitfenster wurden in Schritten von 25 ms, beginnend bei 0 ms (d. h. 0-50 ms, 25-75 ms, ...; vgl. Van Turenout et al., 1999) verschoben. Signifikante Unterschiede in vier aufeinanderfolgenden Zeitfenstern wurden als Nachweis für das Auftreten eines Wiederholungseffektes gewertet. Das in der Literatur beschriebene Zeitfenster des Worterkennungseffekts (200-500 ms nach Wort-Onset) wurde dem ermittelten Onset des Wiederholungseffekts in der Familiarisierungsphase entsprechend angepasst.

Jede Familiarisierungsphase bestand aus 12 Sätzen (vgl. 4.2.3). In der Analyse der Familiarisierungsphase wurden frühe Präsentationen der Zielwörter (Sätze 1-5) späten Präsentationen der Zielwörter (Sätze 8-12) gegenübergestellt. Frühe Präsentationen sind vergleichbar mit nicht-familiarisierten Wörtern. Im Verlauf der Familiarisierung werden diese vertrauter, so dass die Hirnantwort auf späte Präsentationen der Zielwörter familiarisierten Wörtern ähneln sollte. In die Analyse der Familiarisierungsphase gehen daher frühe Präsentationen der Zielwörter als nicht-familiarisierte Wörter und späte Präsentationen der Zielwörter als familiarisierte Wörter in den Faktor Wiederholung ein.

In der statistischen Analyse der neuronalen Reaktion auf die Zielwörter wurde sowohl für die Familiarisierungsphase als auch die Testphase ein Linear Mixed Model (LMM) gerechnet. In

beide LMMs gehen ein Random Factor (Proband) und fünf Fixed Factors (Familiarisierungsphase: Wiederholung, Sprache, Region, Sprachreihenfolge und Sprachdominanz; Testphase: Familiarität, Sprache, Region, Sprachreihenfolge und Sprachdominanz) ein. In der Analyse der Familiarisierungsphase werden durch den Faktor Wiederholung frühe Präsentationen des Zielwortes (1-5) späten Präsentationen (8-12) gegenübergestellt. In der Analyse der Testphase werden durch den Faktor Familiarität die in der Familiarisierungsphase familiarisierten Wörter den nicht-familiarisierten Wörtern gegenübergestellt. Alle weiteren Fixed Factors sind für beide Modelle identisch: Sprache (Deutsch/Französisch), Region (Frontal/Zentral/Posterior), Sprachreihenfolge (Sprachreihenfolge 1 (Französisch-Deutsch)/Sprachreihenfolge 2 (Deutsch-Französisch)), Sprachdominanz (unbalanciert dominant Französisch/balanciert bilingual/unbalanciert dominant Deutsch).

Es wurde R Version 4.2.1 (R Development Core Team, 2016) und die R Funktion `lmer` des `lme4`-Pakets Version 1.1-30 (D. Bates et al., 2015) verwendet, um die oben definierten Linear Mixed Models zu berechnen. Das `emmeans`-Paket (Version 1.8.0) wurde für paarweise Vergleiche im Falle einer signifikanten Interaktion von Faktoren verwendet. Eine Korrektur der errechneten p-Werte erfolgte nicht, da keine Multiplizität vorlag.

4.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der EKP-Antworten auf die Zielwörter innerhalb der Familiarisierungsphase werden zuerst berichtet. Diese können einen Einblick in Verarbeitungsprozesse während der Segmentierungsphase geben. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Analyse der EKPs auf die Worterkennung während der Testphase berichtet. Basierend auf einer vergleichbaren Studie mit einer bilingualen Population (Neophytou et al., 2015) wird erwartet, dass EKPs für familiarisierte bzw. mehrfach wiederholte Wörter eine stärkere Negativierung zeigen als nicht-familiarisierte bzw. weniger wiederholte Wörter, unabhängig von der zu testenden Sprache. Dies gilt sowohl für die Familiarisierungs- als auch die Testphase.

4.3.1 Familiarisierungsphase

Der Beginn eines möglichen Wiederholungseffekts in der Familiarisierungsphase wurde separat für beide Sprachen ermittelt und das literaturbasierte Zeitfenster der Worterkennung (200-500 ms nach Wort-Onset) auf den Beginn des Effekts verschoben. Dafür wurden die Gesamtmittelwerte der EKPs der frühen Präsentationen der Zielwörter (1-5) mit denen der späten Präsentationen (8-12) verglichen (vgl. 4.2.5).

Für das Deutsche setzte der Effekt in der Familiarisierungsphase ab 150 ms nach Wort-Onset ein, daher wurde für die statistische Analyse das Zeitfenster 150-450 ms gewählt. Für die französischen Stimuli setzte der Effekt ab 25 ms nach Wort-Onset ein. Das Zeitfenster für die statistische Analyse der Familiarisierungsphase für das Französische wurde daher auf 25-325 ms festgelegt.

In den individuellen Zeitfenstern der Sprachen Deutsch (150-450 ms) und Französisch (25-325 ms) zeigten sich signifikante Effekte und Interaktionen der Faktoren Wiederholung, Sprache, Region und Sprachdominanz (siehe Tabelle 4.2). Eine Auflistung der gesamten Ergebnisse des LMM befindet sich im Anhang (Tabelle A).

Tabelle 4.2 Wortverarbeitung während der Familiarisierung

Signifikante Ergebnisse des LMM für die gemittelten Amplituden im Zeitfenster 150-450 ms für Deutsch und 25-325 ms für Französisch relativ zum Wort-Onset der in den Satz eingebetteten Zielwörter.

Bilinguale Säuglinge (9 Monate)			
Prädiktor	Estimate	SE	p
Wiederholung	-0,73	0,18	< .001
Wiederholung*Region (Frontal)	-0,94	0,25	< .001
Frontal	-3,35	0,63	< .001
Zentral	-2,14	0,63	< .001
Sprachdominanz*Region (Zentral)	-0,65	0,32	.04
Wiederholung*Sprachreihenfolge	0,61	0,18	< .001
Wiederholung*Sprache*Sprachdominanz	0,79	0,22	< .001
Sprache*Sprachdominanz*Region (Zentral)	0,69	0,32	.029
Wiederholung*Region*Sprachreihenfolge	0,52	0,26	.049
Wiederholung*Sprachdominanz*Sprachreihenfolge	-1,11	0,24	< .001
Sprache*Sprachdominanz*Sprachreihenfolge	0,45	0,22	.043
Wiederholung*Sprache*Region (Frontal)*Sprachreihenfolge	0,57	0,25	.024
Wiederholung*Sprache*Sprachdominanz*Sprachreihenfolge	0,93	0,22	< .001 ¹
Wiederholung*Sprache*Sprachdominanz*Region (Frontal)*Sprachreihenfolge	0,85	0,32	.008 ¹

¹Grau markierte Interaktionen können aufgrund der geringen Stichprobengröße und der ungleichmäßigen Verteilung der bilingualen Subgruppen auf die beiden Sprachreihenfolgen nicht interpretiert werden.

Es zeigte sich ein Haupteffekt für den Faktor Wiederholung ($t = -4.09$, $df = 1888$, $p < .001$). Die bilingual aufwachsenden Säuglinge zeigen für das Deutsche ($t = -2.09$, $df = 1956$, $p = .037$) in dem Zeitfenster 150-450 ms nach Wort-Onset fronto-zentral eine negativere EKP-Antwort auf die späteren Präsentationen der Zielwörter im Vergleich zu den frühen Präsentationen (siehe Abb. 4.2). Für das französische Material ($t = -3.59$, $df = 1956$, $p < .001$) zeigte sich ebenfalls als Reaktion auf die späteren Präsentationen der Zielwörter gegenüber den frühen, ein Wiederholungseffekt in der Wortverarbeitung als fronto-zentrale Negativierung im Zeitfenster 25-325 ms nach Wortbeginn als (siehe Abb. 4.2).

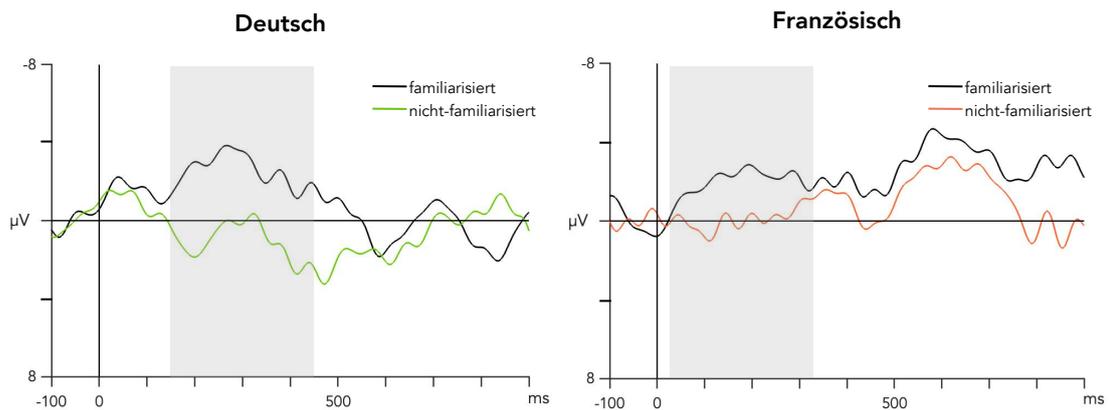


Abbildung 4.2 Familiarisierungsphase

Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten für die in Sätze eingebetteten späteren (= familiarisierten) Wiederholungen der Zielwörter (schwarze Linie) im Vergleich zu den frühen (= nicht-familiarisierten) Wiederholungen der Zielwörter (farbige Linie, Deutsch = grün, Französisch = orange) für die Sprachen Deutsch und Französisch (an frontaler (F3, FC3, FZ, FC4, F4) und zentraler (CP5, C3, CZ, C4, CP6) Elektrodenregion). Der graue Balken repräsentiert das jeweilige Zeitfenster der statistischen Analyse (Deutsch: 150-450 ms, Französisch: 25-325 ms).

Nachfolgend werden nur Interaktionen näher betrachtet, die die Faktoren Wiederholung und Sprache beinhalten, da diese Faktoren für die Fragestellung der Studie relevant sind.

Die Interaktion der Faktoren Wiederholung, Sprache und Sprachdominanz ($t = 3.54$, $df = 1888$, $p < .001$) zeigt, dass sich die Subgruppen der Bilingualen in der Familiarisierung bezogen auf einen Wiederholungseffekt für beide Sprachen unterscheiden. Die Säuglinge der Subgruppe der unbalancierten Bilingualen mit französischer Dominanz (UBF) zeigen für das Französische eine negativere EKP-Antwort auf die späteren Präsentationen der Zielwörter gegenüber den frühen ($t = -3.25$, $d = 1956$, $p = .001$), jedoch nicht für das Deutsche ($t = 1.06$, $d = 1956$, $p = .291$). Im Gegensatz dazu zeigt die Gruppe der balancierten Bilingualen (BB) für das Deutsche eine Negativierung der späteren Präsentationen der Zielwörter gegenüber der ersten Präsentation ($t = -3.28$, $d = 1956$, $p = .001$), für das Französische jedoch findet sich kein Effekt der Wiederholung ($t = 0.29$, $d = 1956$, $p = .775$). Die Gruppe der unbalancierten Bilingualen mit deutscher Dominanz (UBD) zeigt für beide Sprachen eine stärkere Negativierung für die späteren Präsentationen der Zielwörter gegenüber den ersten Präsentationen (Französisch: $t = -2.57$, $d = 1956$,

$p = .010$; Deutsch: $t = -2.71$, $d = 1956$, $p = .007$). Dieses Ergebnis ist jedoch unter Vorbehalt zu betrachten, da in den vorliegenden Daten, eine unausgeglichene und sehr kleine Stichprobengröße in den Subgruppen der Bilingualen vorliegt und damit in die Analyse der Familiarisierungsphase eine deutlich geringere Anzahl der Präsentationen der Zielwörter als in der Testphase eingehen.

Die 4-fach Interaktion der Faktoren Wiederholung, Sprache, Region und Sprachreihenfolge wird nicht weiter analysiert, da Unterschiede in der regionalen Verteilung der Effekte für beide Sprachen innerhalb der zwei Sprachreihenfolgen nicht relevant für die Fragestellung sind. Die vorliegende 4-fach- bzw. 5-fach-Interaktion der Faktoren Wiederholung, Sprache, Sprachdominanz und Region bzw. Sprachreihenfolge werden nicht weiter analysiert, da die bilingualen Subgruppen sich nicht gleichmäßig auf beide Sprachreihenfolgen aufteilen und somit eine Analyse keine validen Rückschlüsse erlauben würde.

4.3.2 Testphase

Innerhalb der Testphase zeigten sich im Zeitfenster 200-500 ms signifikante Effekte und Interaktionen der Faktoren Familiarität, Sprache, Region, Sprachreihenfolge und Sprachdominanz. Tabelle 4.3 gibt einen Überblick über alle signifikanten Haupteffekte und Interaktionen der Faktoren. Im Folgenden werden nur die Ergebnisse der Haupteffekte und Interaktionen näher betrachtet, die die Faktoren Familiarität und Sprache einschließen, da nur diese für die Fragestellung der Studie von Relevanz sind. Eine vollständige Auflistung der statistischen Ergebnisse des LMM befindet sich im Anhang (Tabelle B).

Tabelle 4.3 Wortverarbeitung während der Testphase

Signifikante Ergebnisse und Trends ($0.05 < p < 0.08$) des LMM für die gemittelten Amplituden im Zeitfenster 200-500 ms relativ zum Wort-Onset der isoliert präsentierten Zielwörter.

Bilinguale Säuglinge (9 Monate)			
Prädiktor	Estimate	SE	p
Intercept	2,48	0,36	< .001
Familiarität	-1,19	0,15	< .001
Sprache	-0,58	0,15	< .001
Region (Zentral)	0,61	0,21	.004
Region (Frontal)	2,89	0,21	< .001
Sprachreihenfolge (SR)	0,94	0,36	.013
Familiarität*Sprachdominanz (BB)	-0,39	0,19	.037
Familiarität*Sprachdominanz (UBD)	0,73	0,20	< .001
Sprache*Sprachdominanz (UBD)	0,68	0,20	< .001
Familiarität*Region (Frontal)	-1,11	0,21	< .001
Sprache*Region (Frontal)	-0,58	0,21	.007
Familiarität*SR	0,29	0,15	.059
Sprache*SR	-0,55	0,15	< .001
Sprachdominanz*SR	-2,05	0,49	< .001
Familiarität*Sprache*Sprachdominanz	0,41	0,19	.031
Sprache*Sprachdominanz*SR	0,79	0,20	< .001
Sprachdominanz*Region (Frontal)*SR	-0,55	0,27	.039
Familiarität*Sprache*Sprachdominanz*Region	0,51	0,27	.057
Familiarität*Sprachdominanz (UBD)*Region (Zentral)*SR	-0,85	0,29	.003
Sprache*Sprachdominanz (BB)*Region (Zentral)*SR	-0,63	0,27	.018

Die Ergebnisse zeigen einen Haupteffekt für den Faktor Familiarität ($t = -7.86$, $df = 1888$, $p < .001$; siehe Abb. 4.3) und eine Interaktion zwischen den Faktoren Familiarität und Region ($t = -5.17$, $df = 1888$, $p < .001$). Das heißt, für beide Sprachen trat eine stärkere Negativierung als Reaktion auf die familiarisierten Wörter gegenüber den nicht-familiarisierten Wörtern mit einer fronto-zentralen Verteilung auf (frontal: $t = -4.58$, $d = 1956$, $p < .001$; zentral: $t = -2.08$, $d = 1956$, $p < .001$; posterior: $t = -0.46$, $df = 1956$, $p = .389$; siehe Abb. 4.4).

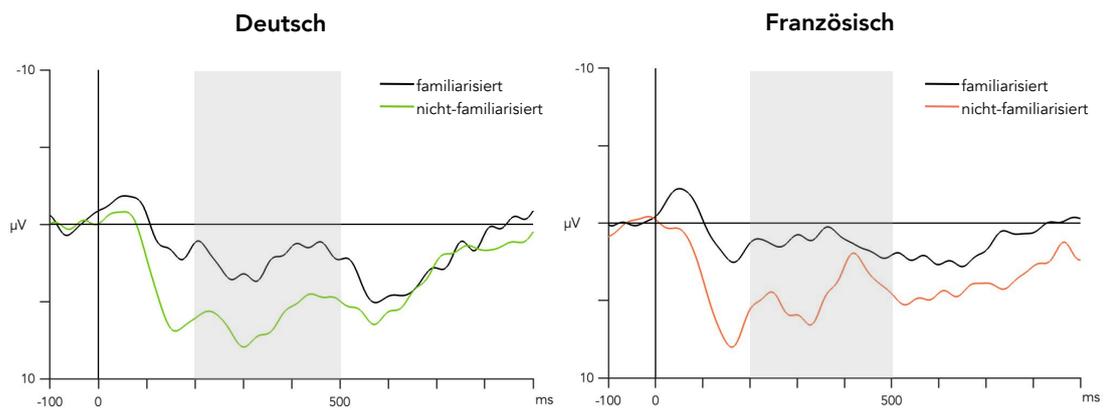


Abbildung 4.3 Testphase

Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten für die isoliert produzierten familiarisierten Zielwörter (schwarze Linie) im Vergleich zu den nicht-familiarisierten Zielwörtern (farbige Linie, Deutsch = grün, Französisch = orange) für die Sprachen Deutsch und Französisch (an frontaler (F3, FC3, FZ, FC4, F4) und zentraler (CP5, C3, CZ, C4, CP6) Elektrodenregion). Der graue Balken repräsentiert das Zeitfenster der statistischen Analyse (200-500 ms).

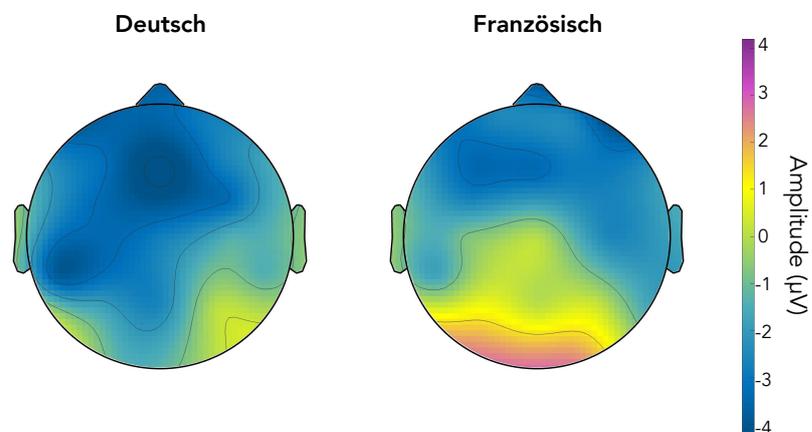


Abbildung 4.4 Topoplot des Worterkennungseffektes in der Testphase

Topoplot der Differenz der Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten auf die familiarisierten versus die nicht-familiarisierten Zielwörter für Deutsch und Französisch für das Zeitfenster der statistischen Analyse (200-500 ms).

Allerdings zeigt die Interaktion der Faktoren Familiarität, Sprache und Sprachdominanz ($t = 2.16$, $df = 1888$, $p = .031$), dass der berichtete Familiaritätseffekt durch die Faktoren Sprache und Sprachdominanz beeinflusst wird. Bei weiterer Analyse der bilingualen Subgruppen zeigte sich für die Gruppe der unbalancierten Bilingualen mit französischer Sprachdominanz eine stärkere Negativierung für familiarisierte Zielwörter gegenüber nicht-familiarisierten Wörtern für das Französische ($t = -4.55$, $d = 1956$, $p < .001$), jedoch nicht für das Deutsche ($t = -1.55$, $d = 1956$, $p = .104$). In den EKPs der balancierten Bilingualen zeigte sich hingegen eine stärkere Negativierung für familiarisierte Zielwörter gegenüber nicht-familiarisierten Wörtern für beide Sprachen Deutsch und Französisch (Deutsch: $t = -3.92$, $d = 1956$, $p < .001$; Französisch: $t = -2.41$, $d = 1956$, $p < .001$). Für die Gruppe der unbalancierten Bilingualen mit deutscher Sprachdominanz zeigte sich die Negativierung nur für die deutschen Stimuli ($t = -1.47$, $d = 1956$, $p = .033$), jedoch nicht für die französischen Stimuli ($t = -0.36$, $d = 1956$, $p = .607$). Die Abbildung 4.5 veranschaulicht diese Interaktion. Da bisher jedoch unterschiedliche und nur kleine Stichprobengrößen der bilingualen Subgruppen vorliegen, ist das Ergebnis dieser Interaktion unter Vorbehalt zu betrachten.

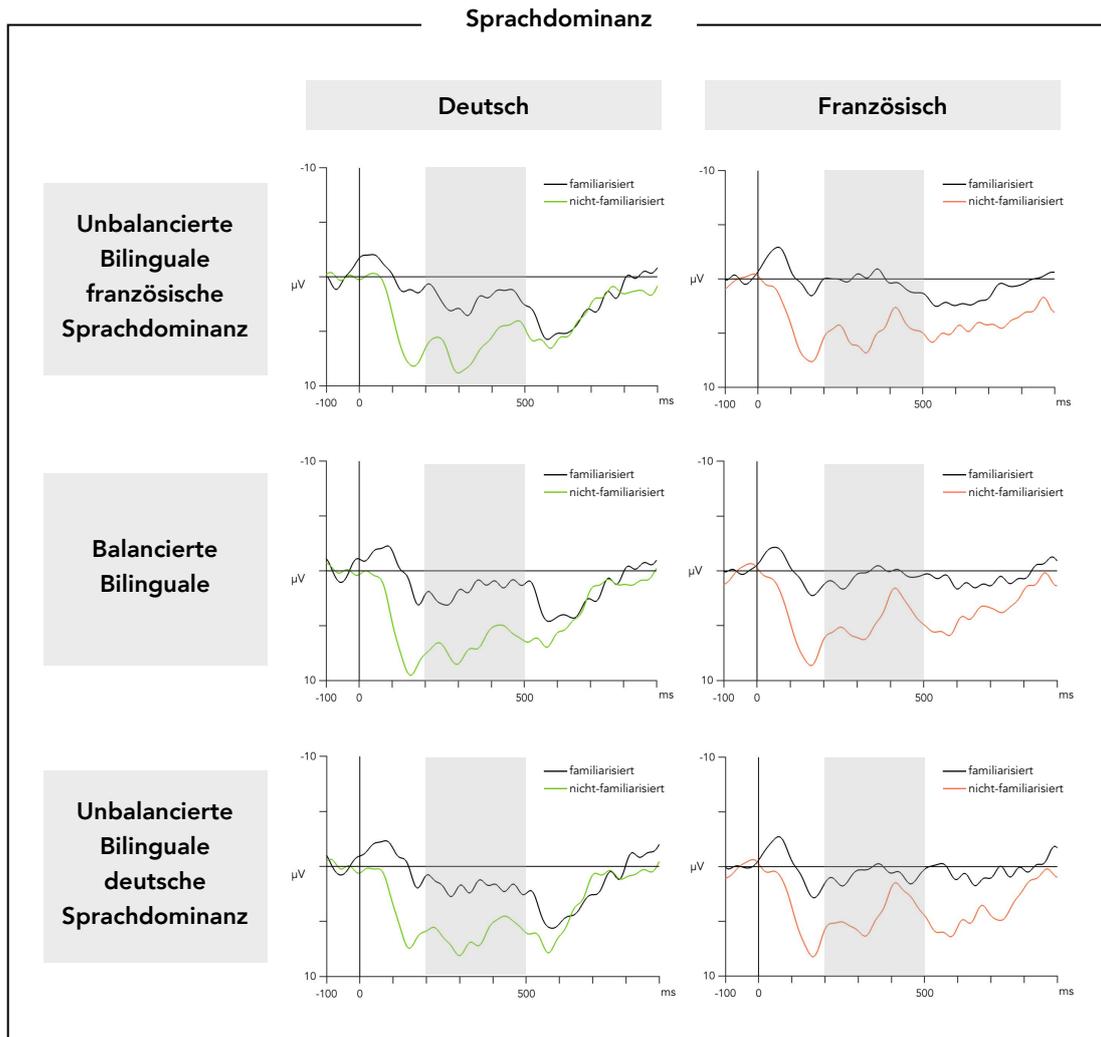


Abbildung 4.5 Testphase - Sprachdominanz

Gesamtmittelwerte der EKP-Antworten für isoliert präsentierte familiarisierte Zielwörter (schwarze Linie) im Vergleich zu nicht-familiarisierten Zielwörtern (farbige Linie: Grün = Deutsch, Orange = Französisch) geordnet nach den drei bilingualen Subgruppen (unbalancierte Bilinguale mit französischer Sprachdominanz, balancierte Bilinguale und unbalancierte Bilinguale mit deutscher Sprachdominanz) an frontaler (F3, FC3, FZ, FC4, F4) und zentraler (CP5, C3, CZ, C4, CP6) Elektrodenregion.

Zusätzlich zeigt sich ein Interaktionstrend der Faktoren Familiarität, Sprache, Sprachdominanz und Region ($t = 1.90$, $df = 1888$, $p = .057$). Bei weiterer Analyse zeigt sich der Familiaritätseffekt für die unbalancierten Bilingualen mit französischer Dominanz für das Französische frontal und zentral (frontal: $t = -9.10$, $df = 1956$, $p < .001$; zentral: $t = -3.49$, $df = 1956$, $p = .034$), für das Deutsche zeigt sich frontal nur ein statistischer Trend ($t = -2.87$,

df = 1956, p .082). Die balancierten Bilingualen zeigen für das Französische einen signifikanten Familiaritätseffekt frontal und zentral (frontal: $t = -3.60$, df = 1956, $p < .001$; zentral: $t = -2.96$, df = 1956, $p = .003$). Für das Deutsche zeigt sich der Familiaritätseffekt in der Worterkennung mit einer Verteilung über alle Regionen (frontal: $t = -6.05$, df = 1956, $p < .001$; zentral: $t = -3.31$, df = 1956, $p < .001$; posterior: $t = -2.40$, df = 1956, $p = .015$). Für die unbalancierten Bilingualen mit deutscher Dominanz zeigt sich für Deutsch und Französisch einen Familiaritätseffekt mit einer jeweils frontalen Verteilung (Deutsch: $t = -2.99$, df = 1956, $p = .012$; Französisch: -2.89 , df = 1956, $p = .015$).

4.4 Diskussion

In dieser elektrophysiologischen Studie wurden 9 Monate alte bilingual mit den Sprachen Deutsch und Französisch aufwachsende Säuglinge auf ihre Wortsegmentierungsfähigkeiten hin untersucht. Die Ergebnisse der EEG-Messung liefern Evidenz für die Segmentierung und Worterkennung in beiden Muttersprachen.

Zunächst werden die Ergebnisse der Familiarisierungsphase und der Testphase separat diskutiert. Im Anschluss erfolgt eine Betrachtung des Einflusses der Sprachreihenfolge auf die Segmentierungsfähigkeiten bilingualer Säuglinge, sowie eine kurze Diskussion über die regionale Verteilung der EKPs in einer Segmentierungsaufgabe.

4.4.1 Familiarisierungsphase

Für das Deutsche und das Französische zeigte sich ein Wiederholungseffekt innerhalb der Familiarisierungsphase anhand einer stärkeren Negativierung der EKPs für die späteren Präsentationen der Zielwörter gegenüber den ersten Präsentationen. Das heißt, in beiden Sprachen segmentierten die bilingualen Säuglinge die zweisilbigen Zielwörter aus den Sätzen der Textpassagen. Es zeigte sich ein Latenzunterschied zwischen Deutsch und Französisch bezogen auf das Einsetzen des Effekts. Für das Deutsche setzte der Wiederholungseffekt etwas später (150 ms nach Wort-Onset) als für das Französische (25 ms nach Wort-Onset) ein. Jedoch zeigte sich der Effekt für beide Sprachen bereits während der 1. Silbe des Zielwortes. Das deutet darauf hin, dass die bilingualen Säuglinge das gesamte Zielwort segmentierten – sowohl im Französischen als auch im Deutschen. Dieses Ergebnis

unterscheidet sich von dem der monolingualen Säuglinge aus Experiment 3 (Kapitel 3), welche nur für ihre Muttersprache Deutsch eine Segmentierung im Zeitfenster der 1. Silbe des Zielwortes zeigten. Für das Französische zeigten die monolingualen Säuglinge jedoch einen späteren Wiederholungseffekt, der zeitlich mit der Präsentation der 2. Silbe assoziiert werden kann. Die vorliegenden Daten der bilingualen Säuglinge stützen die Annahme, dass der Latenzunterschied der monolingualen Säuglinge für das Französische gegenüber dem Deutschen aufgrund der Segmentierung einer Nicht-Muttersprache zustande kam. Dass der Wiederholungseffekt der bilingualen Säuglinge in beiden Sprachen im Zeitfenster der 1. Silbe des Zielwortes einsetzte, deutet darauf hin, dass Deutsch-Französisch lernende Säuglinge vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten für beide Muttersprachen im gleichen chronologischen Alter wie ihre monolingual Deutsch aufwachsenden Altersgenossen für ihre Muttersprache entwickeln.

Die Ergebnisse bezogen auf die bilingualen Subgruppen deuten auf einen möglichen Einfluss der Sprachdominanz auf die Segmentierungsfähigkeiten der Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglinge hin. Da die Stichprobengrößen der bilingualen Subgruppen in der vorliegenden Studie jedoch sehr gering und zudem unausgeglichen sind, sind die berichteten Unterschiede zwischen den Gruppen nur unter Vorbehalt zu betrachten. Für die balancierten Bilingualen konnte für das Französische kein Wiederholungseffekt nachgewiesen werden. Eine visuelle Inspektion der Daten lässt jedoch vermuten, dass die balancierten Bilingualen den Effekt in einem späteren Zeitfenster zeigten. Für die Gruppe der unbalancierten Bilingualen mit französischer Sprachdominanz zeigte sich kein Wiederholungseffekt für die deutschen Stimuli. Allerdings scheint sich auch hier eine Latenz zu zeigen. Eine visuelle Inspektion der Daten der Bilingualen mit französischer Dominanz lässt ebenfalls einen später einsetzenden Wiederholungseffekt für das Deutsche vermuten. Vor diesem Hintergrund sollten weitere bilingual aufwachsende Säuglinge untersucht werden, um festzustellen, inwieweit die Sprachdominanz einen Einfluss auf die Segmentierungsfähigkeiten bilingual aufwachsender Säuglinge hat.

4.4.2 Testphase

In der Testphase zeigte sich für die bilingualen Säuglinge der vorliegenden Studie ein Familiaritätseffekt in den EKP-Antworten durch eine stärkere Negativierung bei den familiarisierten Wörtern verglichen mit nicht-familiarisierten Wörtern im Zeitfenster 200-500 ms. Dies entspricht Ergebnissen vergleichbarer Studien zur frühen Wortsegmentierung mit monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen mithilfe von elektrophysiologischen Verfahren (Kooijman et al., 2005; Goyet et al., 2010; Neophytou et al., 2015; Experiment 3 in Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit). Das deutet darauf hin, dass die bilingual Deutsch-Französisch lernenden Säuglinge in beiden Muttersprachen vergleichbare Wortsegmentierungsfähigkeiten wie monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge zeigen. Allerdings stellt sich dieses Ergebnis in Bezug auf die bilingualen Subgruppen differenzierter dar, auch wenn diese Ergebnisse unter Vorbehalt betrachtet werden müssen, da die Stichprobengrößen der einzelnen Subgruppen gering und nicht identisch sind (zur Erinnerung: französische Dominanz: $n = 6$; balanciert: $n = 15$; deutsche Dominanz: $n = 11$). Da die Analyse mit einem Linear Mixed Model erfolgte, welches toleranter gegenüber unterschiedlichen Gruppenstärken ist, können die Daten dennoch einen ersten Einblick in möglicherweise vorhandene Unterschiede bezogen auf die Segmentierungsfähigkeiten bei balancierten und unbalancierten Bilingualen geben. Für die balancierten Bilingualen war der Familiaritätseffekt in beiden Sprachen Deutsch und Französisch nachweisbar. Für die unbalancierten Bilingualen mit französischer Sprachdominanz zeigte sich der Effekt jedoch nur für die dominante Sprache Französisch, nicht für die nicht-dominante Sprache Deutsch. Dieser von der Sprachdominanz abhängige Effekt fand sich auch in der Gruppe der unbalancierten Bilingualen mit deutscher Dominanz. Die Säuglinge dieser Subgruppe zeigten einen Familiaritätseffekt für das Deutsche, jedoch nicht für die nicht-dominante Sprache Französisch. Diese Ergebnisse ähneln denen von Orena & Polka (2019), die in einer behavioralen Studie mit 8 Monate alten Englisch-Französisch aufwachsenden Bilingualen einen Segmentierungseffekt nur für die jeweils dominante Sprache nachweisen konnten. Die Ergebnisse der vorliegenden elektrophysiologischen Untersuchung erweitern die der behavioralen Studie der aktuellen Arbeit (Experiment 2, Kapitel 2) bezogen auf die Segmentierungsfähigkeiten der bilingualen Subgruppen. In der behavioralen Studie konnte

für die unbalancierten Bilingualen eine erfolgreiche Segmentierung für die jeweils nicht-dominante Sprache nachgewiesen werden, jedoch zeigte sich nur für die Bilingualen mit französischer Dominanz auch ein signifikanter Segmentierungseffekt der dominanten Sprache. Bilinguale mit deutscher Dominanz zeigten dagegen keine erfolgreiche Segmentierung der dominanten Sprache. Darüber hinaus konnte für die balancierten Bilingualen ein Segmentierungseffekt nur für die deutschen Stimuli, nicht jedoch die französischen, nachgewiesen werden. Diese heterogenen Ergebnisse der HPP-Studie sind zum Teil durch individuelle Präferenzrichtungen in der Verhaltensreaktion der bilingualen Säuglinge beeinflusst (siehe 2.7 Diskussion). Die Daten der vorliegenden Studie konnten mithilfe der EEG-Messung eine erfolgreiche Segmentierung beider Sprachen für balancierte Bilinguale und eine Segmentierung für die jeweils dominante Sprache der unbalancierten Bilingualen zeigen. Diese Ergebnisse ergänzen somit die der behavioralen Untersuchung und deuten darauf hin, dass die bilingualen Säuglinge die Muttersprachen Deutsch und Französisch erfolgreich segmentieren, diese Fähigkeit jedoch möglicherweise durch die Sprachdominanz beeinflusst wird. Diese Annahme wird durch die Ergebnisse der regionalen Verteilung der Hirnaktivität der gefundenen Worterkennungseffekte innerhalb der bilingualen Subgruppen gestützt. So zeigt sich für die Bilingualen mit französischer Dominanz für die dominante Sprache Französisch der Familiaritätseffekt frontal und zentral, für die nicht-dominante Sprache Deutsch jedoch nur frontal. Für die Bilingualen mit deutscher Dominanz zeigte sich der Familiaritätseffekt für die dominante Sprache Deutsch frontal, zentral und auch posterior. Für die nicht-dominante Sprache Französisch fand sich frontal jedoch nur ein Trend bezogen auf die Worterkennung. Dies deutet auf eine breiter verteilte Hirnaktivität bei der Verarbeitung der dominanten Sprache gegenüber der nicht-dominanten Sprache bei den unbalancierten Bilingualen hin. Um diese Tendenzen zu untermauern, sind jedoch weitere Studien mit größeren Subgruppen bilingualer Säuglinge notwendig, um einen möglichen Einfluss der Sprachdominanz auf die Worterkennung zu untersuchen.

4.4.3 Sprachreihenfolge

Weder in der Familiarisierung noch in der Testphase zeigte sich für die Gesamtgruppe der bilingualen Säuglinge ein Sprachreihenfolgeeffekt. Dies deutet darauf hin, dass der Wechsel zwischen einer Segmentierungsprozedur, die überwiegend prosodische Informationen nutzt, hin zu einer Segmentierung mit dem Fokus auf distributionelle Cues und vice versa für bilingual Deutsch-Französisch lernende Säuglinge, im Gegensatz zu monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen, keine Herausforderung darstellt. Die monolingualen Säuglinge hingegen segmentierten in Experiment 3 (Kapitel 3) die beiden Sprachen Deutsch und Französisch nur dann, wenn sie Französisch zuerst hörten. Säuglinge die zuerst Deutsch hörten, segmentierten das Deutsche, jedoch die französischen Stimuli im Anschluss nicht.

Interessant wäre an dieser Stelle eine differenzierte Betrachtung der Subgruppen der bilingualen Säuglinge. Denkbar wäre ein Einfluss der Sprachreihenfolge in Abhängigkeit der Sprachdominanz. So könnten unbalancierte Bilinguale mit deutscher Dominanz für ihre nicht-dominante Sprache Französisch ein vergleichbares Ergebnis wie die monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglinge zeigen (d. h., Französisch wird nur segmentiert, wenn es zuerst gehört wird). Unbalancierte Bilinguale mit französischer Dominanz könnten hingegen in ihrer nicht-dominanten Sprache Deutsch einen gegenläufigen Reihenfolgeeffekt zeigen (d. h., Deutsch wird nur segmentiert, wenn es zuerst gehört wird). Für die balancierten Bilingualen würde unter dieser Annahme kein Unterschied erwartet werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen zum Teil in eine andere Richtung als die der behavioralen Studie mit bilingualen Säuglingen in Experiment 2 (Kapitel 2). In dem HPP-Experiment zeigte sich ein Sprachreihenfolgeeffekt für die Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglinge. Die bilingualen Säuglinge segmentierten das Deutsche nur, wenn es zuerst getestet wurde. Für das Französische hingegen zeigte sich in beiden Reihenfolgen ein signifikanter Segmentierungseffekt. Dieses Ergebnis wird jedoch durch die individuellen Präferenzrichtungen in der Verhaltensreaktion der Säuglinge in der HPP-Messung beeinflusst, wodurch sich mögliche Effekte gegenseitig aufheben können (siehe Kapitel 2, 2.7 Diskussion). Die Daten der vorliegenden EEG-Studie, die keinen Effekt der Sprachreihenfolge für die Bilingualen findet, sprechen dafür, dass der Wechsel zwischen

Segmentierungsprozeduren von zwei rhythmisch unterschiedlichen Sprachen für die Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglinge keine Herausforderung darstellt.

4.4.4 Verteilung der neuronalen Hirnaktivität

Die Ergebnisse in Bezug auf die Verteilung der neuronalen Hirnaktivität der EKPs zeigen, dass die Segmentierung (Familiarisierungsphase) und die Worterkennung (Testphase) beider Muttersprachen bei bilingual deutsch-französischsprachig aufwachsenden Säuglingen eine fronto-zentrale Hirnaktivität auslösen. Dieser regionale Effekt für die Verarbeitung der Muttersprache wurde auch in vergleichbaren Segmentierungsstudien sowohl mit monolingualen als auch mit bilingualen Säuglingen (Kooijman et al., 2009; Männel & Friederici, 2013; Neophytou et al., 2015) berichtet. Die monolingual Deutsch lernenden Säuglinge des Experiments 3 (Kapitel 3) der vorliegenden Arbeit zeigten bei der Verarbeitung der deutschen Stimuli ebenfalls eine fronto-zentrale Aktivität, bei der Verarbeitung des französischen Sprachmaterials jedoch nur eine frontale Verteilung der Hirnaktivität. Insgesamt deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass die Worterkennung einer oder mehrerer Muttersprachen eine breiter verteilte, potentiell stärkere neuronale Hirnaktivität auslöst als die Verarbeitung einer Nicht-Muttersprache.

Die Ergebnisse der bilingualen Subgruppen deuten zudem auf einen möglichen Einfluss der Sprachdominanz auf die regionale Verteilung der gefundenen Worterkennungseffekte. Die Daten legen nahe, dass die Worterkennung in der dominanten Sprache eine breitere neuronale Aktivität auslöst als die Worterkennung in der nicht-dominanten Sprache. Um diese Annahme weiter zu prüfen, sollten weitere bilinguale Säuglinge, unter Berücksichtigung der Sprachdominanz, untersucht werden.

4.5 Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie liefert erstmals innerhalb einer elektrophysiologischen Untersuchung Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung von zwei Sprachen unterschiedlicher Rhythmusklassen in einer bilingualen Population. Deutsch-Französisch aufwachsende 9 Monate alte Säuglinge waren in der Lage, deutsche und französische Zielwörter aus Sätzen zu segmentieren und später wiederzuerkennen. Für die einzelnen Subgruppen der

Bilingualen stellt sich dieses Ergebnis differenzierter dar. Die Daten der vorliegenden Studie deuten auf einen möglichen Einfluss der Sprachdominanz auf die Segmentierungsfähigkeiten der bilingualen Säuglinge, daher sollte diese in zukünftigen Studien mit bilingualen Populationen berücksichtigt werden.

Insgesamt zeigen die Daten dieser Studie, dass bilingual Deutsch-Französisch aufwachsende Säuglinge in beiden Muttersprachen vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten wie monolinguale Säuglinge für eine Muttersprache zeigen. Das bedeutet, dass durch den Input in zwei rhythmisch differenten Sprachen ein potenzieller Verarbeitungsvorteil für bilinguale Sprachlerner gegenüber monolingualen Altersgenossen bezogen auf die Fähigkeit besteht, zwischen unterschiedlichen Segmentierungsprozeduren zu wechseln.

5

Generelle Diskussion

5.1 Zusammenfassung der Studien

Diese Arbeit untersuchte die frühen Wortsegmentierungsfähigkeiten von Säuglingen im Alter von 9 Monaten. Ziel war es, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Segmentierungsfähigkeiten bei monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen zu identifizieren als auch einen tieferen Einblick in die der Wortsegmentierung zugrunde liegenden Prozesse zu gewinnen. Darüber hinaus sollte die Frage beantwortet werden, ob bilingual aufwachsende Säuglinge vergleichbare Segmentierungsfähigkeiten in ihren Muttersprachen entwickeln oder ob sich Unterschiede in beiden Sprachen bezogen auf die Wortsegmentierung zeigen. Dafür wurden monolingual Deutsch und bilingual Deutsch-Französisch aufwachsende Säuglinge mit zwei verschiedenen Verfahren, dem HPP und dem EEG, untersucht. In den folgenden zwei Abschnitten werden die Ergebnisse beider Methoden zusammenfassend gegenübergestellt und vor dem Hintergrund der bisherigen Literatur diskutiert.

5.1.1 Monolinguale (HPP & EEG)

Die Wortsegmentierungsfähigkeiten von monolingual aufwachsenden Säuglingen wurden bereits in zahlreichen Studien untersucht. Die wegweisende Studie von Jusczyk und Kollegen zeigte, dass englischsprachige Säuglinge im Alter von 6 – 7,5 Monaten in der Lage sind einsilbige Wörter aus dem Sprachstrom zu segmentieren (Jusczyk & Aslin, 1995), im Alter von 7,5 Monaten zweisilbige Wörter (Jusczyk et al., 1999). Nachfolgende Studien konnten zeigen, dass sich die Segmentierungsfähigkeiten von monolingualen Säuglingen anderer Sprachen ebenfalls zwischen dem 6. und 12. Lebensmonat herausbilden (Französisch: Nazzi, Mersad, Sundara, Iakimova & Polka, 2014; Niederländisch: Houston, Jusczyk, Kuijpers, Coolen, & Cutler, 2000; Deutsch: Höhle & Weissenborn, 2003; Bartels, Darcy & Höhle, 2009).

Einige crosslinguistische Studien untersuchten, ob die Segmentierungsfähigkeiten von monolingual aufwachsenden Säuglingen auch auf nicht-native Sprachen übertragen werden können. Die Ergebnisse zeigten, dass eine sprachübergreifende Segmentierung für einsprachig aufwachsende Säuglinge nur erfolgreich bewältigt wird, wenn die nicht-native Sprache rhythmische Eigenschaften mit ihrer Muttersprache teilt (Höhle, 2002; Houston et al., 2000; Polka & Sundara, 2012). Eine Segmentierung in einer der Muttersprache rhythmisch differenten Sprache konnte bisher nicht nachgewiesen werden (Polka & Sundara, 2012). Daher bleibt die Frage unbeantwortet, ob monolingual aufwachsende Säuglinge eine nicht-native Sprache einer anderen Rhythmusklasse erfolgreich segmentieren können. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde in Experiment 1 mithilfe des HPP untersucht, ob eine crosslinguistische Segmentierung für Deutsch aufwachsende Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der nicht-nativen Sprache Französisch möglich ist – eine Sprache, die nicht die rhythmischen Eigenschaften ihrer Muttersprache teilt und darüber hinaus keine lexikalische Betonung aufweist. Die Ergebnisse der HPP-Studie lieferten keine Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung der französischen Stimuli durch die deutschsprachigen Säuglinge im Alter von 9 Monaten. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit dem von Polka & Sundara (2012) und stützt die von Jusczyk, Houston & Newsome (1999) angenommene Rhythmushypothese, nach der Segmentierungsprozeduren auf andere, rhythmisch ähnliche Sprachen erfolgreich angewendet werden können, jedoch nicht auf rhythmisch unähnliche Sprachen.

Die Ergebnisse der vorliegenden EEG-Studie (Experiment 3) mit monolingual Deutsch lernenden Säuglingen sprechen jedoch gegen diese Annahme. Die Ergebnisse zeigten, dass deutschsprachige Säuglinge im Alter von 9 Monaten in der Lage sind, zweisilbige Zielwörter sowohl in ihrer Muttersprache Deutsch als auch in der nicht-nativen, rhythmisch differenten Sprache Französisch erfolgreich aus dem Sprachstrom zu segmentieren. Da das Französische keine lexikalische Betonung aufweist, markieren prosodische Cues nur Phrasengrenzen und sind somit für das Identifizieren von Wortgrenzen wenig informativ. Für eine erfolgreiche Segmentierung der französischen Stimuli müssen deutschsprachige Säuglinge daher weitere Cues im sprachlichen Input, wie beispielsweise distributionelle Cues, verarbeiten. Distributionelle Informationen stellen dabei eine besondere Art von Cues

dar, da für die Berechnung von Übergangswahrscheinlichkeiten kein spezifisches Sprachwissen erforderlich ist und dieser Cue somit von Geburt an zur Verfügung stehen könnte (Thiessen & Saffran, 2003). Daher könnten distributionelle Cues auch bei der Verarbeitung einer nicht-nativen Sprache genutzt werden.

Seit den frühen Forschungen zur Wortsegmentierung gibt es eine anhaltende Debatte darüber, welche Art(en) von sprachlichen Cues Säuglinge verwenden, um in die Wortsegmentierung einzusteigen und wie sich die Integration oder Gewichtung von Cues verändert, wenn Säuglinge effizientere und sprachspezifische Fähigkeiten zur Wortsegmentierung entwickeln. Studien mit künstlicher Sprache zeigten, dass Englisch lernende Säuglinge im Alter von 7 Monaten entweder Übergangswahrscheinlichkeiten (transitional probabilities, TPs) zwischen Silben (Thiessen & Saffran, 2003) oder das vorherrschende Betonungsmuster ihrer Muttersprache (Curtin et al., 2005) nutzen, um Wortformen in kontinuierlicher Sprache zu finden. Werden englischsprachige Säuglinge jedoch mit sich widersprechenden TPs und prosodischen Cues konfrontiert, verlassen sich 6 Monate alte Säuglinge mehr auf Übergangswahrscheinlichkeiten (Thiessen & Saffran, 2003), während 8-11 Monate alte Säuglinge prosodische Cues nutzen (Johnson & Jusczyk, 2001; Johnson & Seidl, 2008; Thiessen & Saffran, 2003). Diese Befunde zeigen, dass englischsprachige Säuglinge mit zunehmender Entwicklung ihrer Wortsegmentierungsfähigkeiten vermehrt auf prosodische Informationen zurückgreifen.

Diese entwicklungsbedingte Veränderung in der Gewichtung der Cues von distributionellen hin zu (sprachspezifischen) prosodischen Cues bei Englisch lernenden Säuglingen konnte für das Deutsche jedoch nicht bestätigt werden. Marimon (2019) fand für 6 Monate alte Deutsch aufwachsende Säuglinge keine Überlegenheit statistischer Cues. Vielmehr nutzten bereits 6 Monate alte deutschsprachige Säuglinge prosodische Informationen zur Segmentierung des Sprachstroms. Ob distributionelle Cues eventuell zu einem früheren Zeitpunkt durch Deutsch aufwachsende Säuglinge genutzt werden, könnte in zukünftigen Studien untersucht werden.

Marimon, Höhle & Langus (2022) zeigten jedoch, dass 9 Monate alte deutschsprachige Säuglinge sowohl prosodische als auch distributionelle Cues zur Segmentierung nutzen. Demzufolge könnten die deutschsprachigen Säuglinge in Experiment 3 dieser Dissertation

in Abwesenheit der (lexikalischen) prosodischen Cues in den französischen Stimuli mithilfe von distributionellen Cues, wie z. B. TPs, erfolgreich Wortgrenzen gefunden haben.

Warum sich die Ergebnisse der sprachübergreifenden Segmentierung bei monolingual Deutsch lernenden Säuglingen in der vorliegenden Arbeit jedoch abhängig von der Methode unterscheiden, wird im folgenden Abschnitt diskutiert. Wie oben erwähnt, lieferte die HPP-Studie keine Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung der französischen Stimuli wohingegen die Ergebnisse des EEGs zeigten, dass deutschsprachige Säuglinge im Alter von 9 Monaten die gleichen französischen Stimuli erfolgreich segmentieren.

Dieser Unterschied in den berichteten Ergebnissen könnte in der HPP-Messung mit der Aufmerksamkeitsspanne der Säuglinge zusammenhängen. So kann die Abnahme der Aufmerksamkeit zu vergleichbaren Orientierungszeiten für beide Stimulustypen führen, auch wenn potenziell Unterschiede in der Verarbeitung der beiden Bedingungen vorliegen. Einige Faktoren können die Aufmerksamkeit des Säuglings beeinflussen, wie beispielsweise die Dauer des Experiments, Müdigkeit oder Hunger.

Eventuell kommt es ebenso zu einer Abnahme der Aufmerksamkeit für sprachliche Stimuli, wenn der Säugling den Input als nicht nativ erkennt, da im Allgemeinen native Stimuli die Aufmerksamkeit erhöhen (Weitzman, 2007). Eine mögliche Erklärung dafür könnte eine Kontrollinstanz sein, die im späteren Verlauf der Sprachverarbeitung einsetzt und die Verhaltenskorrelate beeinflusst. Es könnte sich dabei um eine Art Monitoring-Prozess handeln, der aufgrund von beispielsweise segmentaler Information feststellt, dass der sprachliche Input nicht nativ ist und somit diese, für den nativen Spracherwerb nicht relevanten Informationen, auf einer späteren Verarbeitungsstufe inhibiert. Auf neurophysiologischer Ebene hingegen ist die erfolgreiche Segmentierung messbar, jedoch zeigt sich keine Übersetzung auf die behaviorale Ebene. So könnten deutschsprachige Säuglinge in der vorliegenden HPP-Untersuchung segmentale Informationen genutzt haben, um das Französische als nicht-native Sprache zu identifizieren. Dass Säuglinge bereits früh segmentale Informationen zur Diskrimination von Sprachen oder Dialekten nutzen können zeigten Zacharaki & Sebastian-Galles (2021). Die Autorinnen testeten die Diskriminationsfähigkeiten von Säuglingen im Alter von 4,5 Monaten zwischen zwei Dialekten im Katalanischen (Ost-Katalanisch vs. West-Katalanisch), die der silbenzählenden

Rhythmusklasse zugeordnet werden, sich jedoch bezogen auf die Vokale unterscheiden. Die Säuglinge diskriminierten die beiden katalanischen Dialekte nur, wenn sie mit natürlichen Stimuli, jedoch nicht mit Tiefpass-gefilterten Stimuli, die keine segmentale Information enthielten, getestet wurden. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass Säuglinge im Alter von 4,5 Monaten segmentale Informationen (zumindest für Vokale) nutzen, um Sprachen bzw. Dialekte voneinander zu diskriminieren.

Dass jedoch segmentale Informationen allein möglicherweise nicht ausreichen, um eine Sprache als nicht-nativ zu identifizieren, belegen Daten zur erfolgreichen crosslinguistischen Segmentierung zwischen Sprachen der gleichen Rhythmusklasse (Englisch/Niederländisch: Houston, Jusczyk, Kuijpers, Coolen & Cutler, 2000; Englisch/Deutsch: Höhle, 2002). Auch diese Sprachen unterscheiden sich teilweise hinsichtlich der segmentalen Eigenschaften, dennoch konnte eine erfolgreich sprachübergreifende Segmentierung mit 9 Monate alten Säuglingen nachgewiesen werden. Ob die Säuglinge die nicht-native Sprache als solche erkannt haben, lässt sich daraus jedoch nicht schließen.

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass segmentale Informationen allein eventuell nicht zweifelsfrei eine nicht-native Sprache identifizieren können, da es potenziell Überschneidungen mit muttersprachlichen Kategorien gibt. Eine sichere Identifizierung könnte durch zusätzliche saliente Unterschiede, wie beispielsweise den rhythmischen Eigenschaften der Sprache, unterstützt werden. Die monolingual aufwachsenden Säuglinge in Experiment 1 und 3 könnten somit aufgrund der rhythmischen Eigenschaften und der segmentalen Information die französischen Stimuli als nicht-nativ identifiziert haben. Diese Kombination von Hinweisen führte eventuell, wie oben angedeutet, zu einer Inhibierung der weiteren Verarbeitung der französischen Stimuli, so dass auf behavioraler Ebene keine Segmentierung nachweisbar war. Da im EEG Subprozesse der Verarbeitung erfasst werden können, unterscheiden sich die Ergebnisse der neurophysiologischen Untersuchung im Vergleich zu dem HPP, bei dem vielmehr das Ergebnis einer Verarbeitung gemessen wird.

Um die Annahme eines Monitoring-Prozesses zu prüfen wäre eine Untersuchung der crosslinguistischen Segmentierungsfähigkeiten von monolingual aufwachsenden Säuglingen innerhalb von silbenzählenden Sprachen interessant. Dazu stehen bisher keine Daten zur Verfügung. Sollte sich hier eine sprachübergreifende Segmentierung zeigen, könnte dies

die Annahme eines Monitoring-Prozesses in der Sprachverarbeitung von monolingual aufwachsenden Säuglingen stützen. Ein Monitoring-Prozess, der, solange beide Sprachen rhythmische Eigenschaften teilen, die weitere Sprachverarbeitung bzw. die Übersetzung in Verhaltenskorrelate, in einer Entwicklungsphase, in der Säuglinge Sprachen primär anhand rhythmischer Eigenschaften voneinander differenzieren, nicht inhibiert.

Die berichtete Asymmetrie der HPP- und EEG-Ergebnisse könnte, in Anlehnung an weitere Studien, die eine ähnliche Asymmetrie finden, auch im Zusammenhang der voranschreitenden Entwicklung erklärt werden. Gehirnreaktionen können entsprechenden Verhaltenskorrelaten im Entwicklungsverlauf vorausgehen, so dass Fähigkeiten mithilfe von EKPs mitunter früher nachgewiesen werden können als über Verhaltensreaktionen. So lieferte die EEG-Studie von Holzgrefe-Lang et al. (2018) Evidenz für die Wahrnehmung von prosodischen Phrasengrenzen bei 6 Monate alten deutschsprachigen Säuglingen, während in der HPP-Studie von Wellmann (2022) eine erfolgreiche Diskrimination der gleichen Stimuli erst mit 8 Monaten nachgewiesen werden konnte. Eine ähnliche Asymmetrie findet sich auch bei Deutsch aufwachsenden Säuglingen bezogen auf das Erkennen des typischen (trochäischen) Betonungsmusters. So konnte bereits bei 4 Monate alten deutschsprachigen Säuglingen eine Präferenz für das dominante Betonungsmuster im Deutschen nachgewiesen werden, während sich im HPP eine solche Präferenz erst mit 6 Monaten zeigt. Auch bei älteren Kindern können sich methodenabhängig unterschiedliche Ergebnisse zeigen. Schipke (2012) teste das Satzverständnis von Objekt-topikalisierten Sätzen bei 4;6 Jahre alten Kindern in einer behavioralen Studie (Satz-Bild-zuordnen) und dem EEG. Die Autorin fand Evidenz einer erfolgreichen Verarbeitung der Satzstrukturen mithilfe des EEGs, während der Nachweis in einer behavioralen Studie auch für Kinder im Alter von 6 Jahren noch nicht gelang.

Die oben genannten Studien beziehen sich auf die Entwicklung von muttersprachlichen Fähigkeiten. Die Asymmetrie der vorliegenden Arbeit bezogen auf die Segmentierung der nicht-nativen Sprache Französisch durch deutschsprachige Säuglinge kann in vergleichbarer Weise interpretiert werden. Deutsch aufwachsende Säuglinge nutzen mit 6 Monaten vor allem prosodische Cues um Wörter in kontinuierlicher Sprache zu segmentieren (Marimon, 2019). Im Alter von 9 Monaten, dem Testalter der Säuglinge in der vorliegenden Arbeit,

nutzen deutschsprachige Säuglinge neben prosodischen Cues auch distributionelle Hinweise zur Segmentierung (Marimon et al., 2022). Die sich entwickelnde Fähigkeit der deutschsprachigen Säuglinge mehrere sprachliche Cues in Kombination zu verarbeiten führte auf der neurophysiologischen Ebene zu einer erfolgreichen Segmentierung des französischen Sprachmaterials im Alter von 9 Monaten. Auf behavioraler Ebene könnte ein Monitoring-Prozess zu den Nullresultaten geführt haben.

Die Daten der monolingualen EEG-Studie der vorliegenden Arbeit liefern erstmals Evidenz für eine erfolgreiche sprachübergreifende Segmentierung von Sprachen unterschiedlicher Rhythmusklassen. Für eine differenzierte Betrachtung der Voraussetzungen oder der Grundlage für eine erfolgreiche crosslinguistische Segmentierung sollte die Datenlage, insbesondere für Sprachen anderer Rhythmusklassen als die der akzentzählenden Sprachen, erweitert werden.

5.1.2 Bilinguale (HPP & EEG)

Nur wenige Studien untersuchten die Wortsegmentierungsfähigkeiten bilingualer Säuglinge, zumeist nur für monosyllabische Wörter und/oder nur in einer der beiden Muttersprachen (Bosch et al., 2013; Neophytou et al., 2015; Singh & Foong, 2012). Erst Polka et al. (2017) untersuchten, ob bilingual aufwachsende Säuglinge zweisilbige Wörter in beiden Muttersprachen aus dem Sprachstrom segmentieren. Die Autor:innen testeten (Kanadisch-) Englisch-Französisch aufwachsende Säuglinge im Alter von 8 Monaten in beiden Muttersprachen in dem HPP. Die bilingualen Säuglinge zeigten im Ergebnis eine erfolgreiche Segmentierung jedoch nur für das Französische und auch nur dann, wenn es zuerst getestet wurde. Eine weitere Gruppe Englisch-Französisch aufwachsender Säuglinge wurde im Anschluss nur mit englischen Stimuli getestet und zeigte eine erfolgreiche Segmentierung des englischen Sprachmaterials. Zusammenfassend deuten die Ergebnisse von Polka et al. (2017) darauf hin, dass bilinguale Säuglinge zweisilbige Wörter in beiden Muttersprachen aus dem Sprachstrom segmentieren können, jedoch scheint die Fähigkeit in dieser Altersgruppe weniger stabil zu sein und die Säuglinge benötigen möglicherweise eine längere Sprachexposition in der Familiarisierungsphase, um die Aufgabe erfolgreich zu meistern. Weitere Evidenz dafür liefert die behaviorale Studie von Orena & Polka (2019) die

zeigte, dass 8 und 10 Monate alte Englisch-Französisch aufwachsende Säuglinge Zweisilber erfolgreich in beiden Muttersprachen segmentieren, wenn sie zuvor eine zusätzliche Familiarisierungsphase erhielten.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Wortsegmentierungsfähigkeiten von bilingual aufwachsenden Säuglingen mithilfe des HPP und des EEG untersucht. Dabei wurden die Säuglinge innerhalb nur einer Sitzung in beiden Muttersprachen Deutsch und Französisch getestet. Insgesamt liefern die Studien Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung beider Muttersprachen bei Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen im Alter von 9 Monaten. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit dem von monolingual aufwachsenden Säuglingen, die im gleichen chronologischen Alter zweisilbige Zielwörter in der jeweiligen Muttersprache segmentieren (Deutsch: Bartels, Darcy & Höhle, 2009; Französisch: Nazi, Mersad, Sundara, Jakimova, Polka, 2014). Der Erwerb von zwei Sprachen führt somit bezogen auf die Entwicklung von Segmentierungsfähigkeiten zu keiner Verzögerung, obwohl zweisprachig aufwachsenden Säuglingen im Allgemeinen in jeder ihrer Muttersprachen weniger Input als monolingual aufwachsenden Säuglingen zur Verfügung steht (Garcia-Sierra et al., 2016). Die Daten der vorliegenden Studien deuten darauf, dass bilinguale Säuglinge im Alter von 9 Monaten jedoch in der Lage sind, die sprachspezifischen Hinweise ihrer Muttersprachen wahrzunehmen, die für die Segmentierung dieser informativ sind.

In Experiment 2 und 4 wurde zudem der Einfluss der Sprachdominanz auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten der Deutsch-Französisch lernenden Säuglinge untersucht. Da die Stichprobengrößen in beiden Studien jedoch gering und nicht ausgeglichen sind, erfolgte eine Interpretation der Ergebnisse unter Vorbehalt. In den Ergebnissen der EEG-Studie konnte eine erfolgreiche Segmentierung beider Sprachen für die balancierten Bilingualen nachgewiesen werden, wohingegen in der HPP-Studie ein Segmentierungseffekt für diese Subgruppe nur für die deutschen Stimuli nachgewiesen werden konnte. Für die französischen Stimuli zeigte sich im HPP statistisch kein signifikanter Effekt, jedoch ist dieser Nulleffekt dadurch beeinflusst, dass die Hälfte der balancierten Bilingualen einen Novelty-Effekt und die andere Hälfte der Subgruppe einen Familiaritätseffekt zeigte. Insgesamt deuten die Daten darauf hin, dass eine balancierte Zweisprachigkeit zu einer

erfolgreichen Segmentierung beider Muttersprachen führt, auch dann, wenn beide Sprachen sich hinsichtlich der rhythmischen Eigenschaften und der zur Identifizierung von Wortgrenzen zur Verfügung stehenden Cues unterscheiden.

Für die unbalancierten Bilingualen deuten die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auf einen möglichen Einfluss der Sprachdominanz auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten hin. Die Ergebnisse der EEG-Studie liefern Evidenz für einen signifikanten Familiaritätseffekt in der Worterkennung in der jeweils dominanten Sprache der unbalancierten Bilingualen. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit denen von Orena & Polka (2019), die in einer behavioralen Studie mit Englisch-Französisch aufwachsenden Bilingualen im Alter von 8 Monaten ebenfalls nur für die dominante Sprache einen Segmentierungseffekt nachweisen konnten. Die Autor:innen untersuchten jedoch zusätzlich den Einfluss von Sprachmischung auf die Segmentierungsfähigkeiten der bilingualen Säuglinge und fanden Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung der nicht-dominanten Sprache in der Gruppe von Bilingualen, die einer stärkeren Sprachmischung durch Bezugspersonen ausgesetzt war. Die Daten der vorliegenden HPP-Studie zeigten, dass Bilinguale mit französischer Dominanz ebenfalls ihre nicht-dominante Sprache Deutsch erfolgreich segmentieren. Die unterschiedlichen Ergebnisse bezogen auf den Einfluss der Sprachdominanz auf die Segmentierungsfähigkeiten in den vorliegenden Studien könnten daher auch durch die Sprachmischung, die bilinguale Säuglinge durch Bezugspersonen erfahren, beeinflusst worden sein. Da dieser Inputfaktor in den Studien dieser Arbeit nicht erhoben wurde, kann diese Annahme nicht überprüft werden. Vor diesem Hintergrund sollten in zukünftigen Studien mit bilingualen Säuglingen sowohl die Sprachdominanz als auch die Sprachmischung berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studien mit bilingual aufwachsenden Säuglingen ergänzen das Bild der frühen Wortsegmentierungsfähigkeiten in einer bilingualen Population. Deutsch-Französisch aufwachsende Säuglinge segmentieren erfolgreich beide Muttersprachen im Alter von 9 Monaten. Dies deutet darauf hin, dass sie in der Lage sind, sprachabhängig verschiedene Segmentierungsprozeduren zu nutzen. Denkbar wäre für die Stimuli der vorliegenden Studien jedoch auch die Nutzung von nur einer Segmentierungsprozedur. Eine auf distributionellen Cues ausgerichtete Segmentierung könnte sowohl für

das Französische als auch das Deutsche erfolgreich sein. Ergebnisse der Studie von Nazzi et al. (2014) zeigen, dass monolingual Französisch aufwachsende Säuglinge besonders distributionelle Cues in einer Segmentierungsaufgabe nutzen. Daher könnten Deutsch-Französisch bilinguale Säuglinge, durch den nativen Input im Französischen, eine vergleichbare Bevorzugung statistischer Cues zeigen.

Ob Bilinguale auch für die deutschen Stimuli eine auf distributionellen und nicht auf prosodischen Cues ausgerichtete Segmentierungsprozedur nutzen, könnte in einer zukünftigen Studie mit jambischen Zweisilbern überprüft werden. Zeigen bilinguale Säuglinge eine erfolgreiche Segmentierung der deutschen Jamben würde dies die Annahme einer distributionellen Segmentierungsprozedur stützen, da mithilfe von prosodischen Cues nur die betonte, zweite Silbe des jambischen Zielwortes identifiziert werden könnte. Mateu & Sundara (2022) konnten zeigen, dass bilingual Spanisch-Englisch lernenden Säuglinge bereits im Alter von 8 Monaten englische Jamben segmentieren wohingegen monolinguale Englischlerner erst mit 10,5 Monaten eine erfolgreiche Segmentierung zeigen (Jusczyk et al., 1999). Die Autorinnen gehen davon aus, dass die Ergebnisse der beschleunigten Segmentierungsfähigkeiten bezogen auf die englischen Jamben auf einen sprachübergreifenden Einfluss zurückzuführen ist. Die bilingualen Säuglinge nutzten dafür möglicherweise lexikalisches Wissen aus ihrer Muttersprache Spanisch. Spanisch ist eine Sprache mit signifikant mehr Jamben als das Englische und bietet daher bilingualen Säuglingen genügend distributive Evidenz, um sich nicht allein auf Betonungscues zum Identifizieren von Wortanfängen zu verlassen, sondern früher als ihre einsprachigen Altersgenossen auch andere Cues in die Segmentierung zu integrieren. Einen vergleichbaren Einfluss könnte das Französische auf die Segmentierungsfähigkeiten von Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglinge haben.

Die vorliegenden Daten der bilingualen Säuglinge deuten darüber hinaus auf einen Einfluss der Sprachdominanz auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten von unbalancierten bilingualen Sprachlernern, daher sollte diese in zukünftigen Studien mit dieser Population berücksichtigt werden.

5.2 Methodenvergleich HPP & EEG

In dieser Dissertation wurden mithilfe von zwei verschiedenen Methoden, dem HPP und dem EEG, die Wortsegmentierungsfähigkeiten von monolingual und bilingual aufwachsenden Säuglingen untersucht. Dabei konnten Ergebnisse zum Teil durch beide Methoden bestätigt werden. Vor allem führte jedoch die Kombination beider Methoden zu einem vertieften Verständnis der Segmentierungsfähigkeiten im Säuglingsalter. Nachfolgend werden die abweichenden Ergebnisse aus beiden Messverfahren diskutiert, die aufgrund methodischer Grenzen zustande kommen².

Die Ergebnisse der Segmentierungsfähigkeiten der bilingualen Säuglinge stellen sich in beiden Messverfahren teilweise unterschiedlich dar. Während in der HPP-Untersuchung (Exp. 2) ein Effekt der Sprachreihenfolge nachgewiesen wurde, konnte dieser in der EEG-Messung (Exp. 4) nicht bestätigt werden. Die EEG-Daten deuten daher darauf hin, dass die bilingualen Säuglinge in der Lage sind, beide Muttersprachen (Deutsch und Französisch) erfolgreich zu segmentieren – unabhängig davon, welche Sprache während der Untersuchung zuerst präsentiert wurde. Auch die Ergebnisse bezogen auf die Segmentierungsfähigkeiten der bilingualen Subgruppen unterschieden sich im HPP gegenüber den EEG-Daten. Letztere weisen auf einen Einfluss der Sprachdominanz auf die Worterkennung in der Testphase, da die unbalancierten Bilingualen nur für die jeweils dominante Sprache einen signifikanten Familiaritätseffekt zeigten. Die Ergebnisse des HPP dagegen liefern Evidenz für die erfolgreiche Segmentierung beider Muttersprachen bei den unbalancierten Bilingualen mit französischer Sprachdominanz, jedoch fand sich ein signifikanter Segmentierungseffekt für die Bilingualen mit deutscher Sprachdominanz nur für die nicht-dominante Sprache Französisch.

Bei weiterer Inspektion der behavioralen Daten zeigte sich eine große individuelle Variabilität innerhalb der bilingualen Gruppe. In dem HPP kann eine Präferenz grundsätzlich in zwei verschiedenen Richtungen gemessen werden. Bei längeren Orientierungszeiten für familiarisierte gegenüber nicht-familiarisierten Wörtern zeigt sich eine Familiaritätspräferenz.

² In der vorliegenden Arbeit zeigte sich im HPP bei monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen ein Einfluss der Sprachreihenfolge auf die Segmentierungsfähigkeiten. Dieses Ergebnis konnte mit dem EEG jedoch nicht bestätigt werden. Eine Diskussion dieser Asymmetrie findet sich unter Punkt 5.3 des vorliegenden Kapitels.

Hören Säuglinge dagegen den nicht-familiarisierten Wörtern länger zu, zeigen sie eine Novelty-Präferenz. Welche Faktoren diese verschiedenen Präferenzrichtungen beeinflussen ist noch nicht vollständig geklärt. Diskutiert werden sowohl entwicklungsbedingte als auch methodische Faktoren (Hunter & Ames, 1988) oder auch eine individuell ausgeprägte Sprachverarbeitung (Houston-Price & Nakai, 2004).

In der HPP-Studie der vorliegenden Arbeit zeigten die Säuglinge der bilingualen Probandengruppen (Exp. 2) individuell verschiedene Präferenzrichtungen. Einige bilinguale Säuglinge zeigten eine Familiaritätspräferenz, andere Säuglinge eine Novelty-Präferenz für beide Sprachen. Zusätzlich gab es Säuglinge die sprachabhängige Präferenzrichtungen zeigten – eine Novelty-Präferenz für eine Sprache und eine Familiaritätspräferenz für die andere Sprache. Innerhalb einer Gruppe können sich diese unterschiedlichen Präferenzen in der späteren Analyse der Daten, die auf Mittelwerten beruht, gegenseitig aufheben, so dass statistisch kein Segmentierungseffekt nachgewiesen werden kann. Das Ergebnis der statistischen Analyse bildet somit nicht oder nur bedingt die tatsächlich gemessenen Unterschiede innerhalb solch einer Gruppe ab. Dies scheint besonders bei heterogenen Probandengruppen, wie beispielsweise bei bilingual aufwachsenden Säuglingen, eine Herausforderung im HPP darzustellen, da in Segmentierungsstudien mit monolingualen Probandengruppen überwiegend von Familiaritätspräferenzen berichtet wird (z. B. Johnson, 2008; Jusczyk & Aslin 1995) – eine Annahme, die möglicherweise nicht ohne weiteres auf eine bilinguale Population übertragen werden kann (Orena & Polka, 2019). Welche Faktoren diese individuellen Präferenzrichtungen bei bilingualen Sprachlernern beeinflussen ist eine wichtige Forschungsfrage für zukünftige Studien.

Um heterogene Daten wie die der Bilingualen in Experiment 2 (Kapitel 2) valide und reliabel auswerten zu können, müsste auf eine von der Präferenzrichtung unabhängige Analyse zurückgegriffen werden. Dazu eignet sich beispielsweise ein A-B-Vergleich, wobei A die längere Orientierungszeit und B die kürzere Orientierungszeit pro Säugling unabhängig vom Stimulustyp reflektiert. Durch diese Vorgehensweise würden die für eine statistische Auswertung notwendigen Bedingungen zur Verteilung der Daten (z. B. Normalverteilung) nicht verletzt werden. Die nachfolgende statistische Analyse erlaubt im Ergebnis keine Aussage über die Richtung der Präferenz, jedoch darüber, ob ein Unterschied zwischen

Stimulustypen besteht oder nicht. Letzteres ist maßgeblich für die Interpretation einer erfolgreichen bzw. nicht erfolgreichen Segmentierung.

Diskutiert wird zudem der Einfluss der Stimuli, die während der Familiarisierungsphase präsentiert werden, auf einen messbaren Segmentierungseffekt. In der wegweisenden Segmentierungsstudie von Jusczyk & Aslin (1995) wurden Säuglinge mit isolierten Wörtern familiarisiert und anschließend auf Sätze, die jeweils einmal das Zielwort enthielten, getestet. In diesem Setting muss die Segmentierungsleistung in der Testphase erbracht werden. Wohingegen bei einer Familiarisierung mit Sätzen und dem Test mit isolierten Wörtern die Segmentierungsleistung während der Familiarisierungsphase erbracht wird und die Messung der Orientierungszeiten der Testphase somit eher eine Worterkennung widerspiegeln. Obwohl Jusczyk & Aslin (1995) davon ausgehen, dass beide Arten von Experimenten zu vergleichbaren Ergebnissen führen, weisen die Ergebnisse der Studie von Nazi et al. (2014) darauf hin, dass in der Testphase unterschiedliche Verarbeitungsprozesse relevant sind, abhängig davon ob in der Testphase Sätze oder isolierte Wörter dargeboten werden. Die Autor:innen fanden keine Evidenz für eine erfolgreiche Segmentierung zweisilbiger französischer Wörter bei monolingual Französisch aufwachsenden 8 Monate alte Säuglingen, wenn diese mit isolierten Wörtern familiarisiert wurden. Wurden die Säuglinge jedoch mit Sätzen familiarisiert, zeigte sich ein signifikanter Worterkennungseffekt in der Testphase. Insgesamt weisen diese Ergebnisse am Beispiel des HPP darauf hin, dass die Art der Familiarisierung in Segmentierungsstudien möglicherweise einen Einfluss auf die nachfolgende Sprachverarbeitung hat. Dies sollte bei der Planung einer Segmentierungsstudie unabhängig von der Methode berücksichtigt werden.

Abschließend soll noch auf eine basale Eigenschaft des HPP hingewiesen werden: Jede Messung mit dem HPP ist grundsätzlich abhängig von der Aufmerksamkeitsspanne des Säuglings. Ist diese zu kurz, führen potenzielle Unterschiede in der Verarbeitung der beiden Stimulustypen nicht erkennbar zu unterschiedlichen Orientierungszeiten. Daher sind die gemessenen Orientierungszeiten stets von der Aufmerksamkeit des individuellen Säuglings beeinflusst.

Die elektrophysiologische Untersuchung (EEG) ermöglicht im Vergleich zum HPP eine Messung, die nahezu unabhängig von der Aufmerksamkeit des Säuglings ist. Mithilfe dieses

Messverfahrens können durch ereigniskorrelierte Potentiale (EKPs) darüber hinaus Subprozesse der Verarbeitung beobachtet werden. Daher werden in der jüngeren Spracherwerbsforschung vermehrt elektrophysiologische Verfahren für Studien verwendet, die darauf abzielen, verschiedene Aspekte sprachlicher und kognitiver Prozesse zu untersuchen. Der Vorteil dieser Methode bei Segmentierungsstudien besteht insbesondere darin, dass bereits während der Familiarisierungsphase Lernprozesse untersucht werden können.

Jedoch ist auch dieses Verfahren störungsanfällig, vor allem durch Bewegungsartefakte, die im Säuglings- und Kleinkindalter häufig auftreten. Augenblinzeln, Muskelbewegungen, Drehen des Kopfes oder auch Schlucken können Artefakte erzeugen, die die EKPs überlagern. Diese Artefakte können mitunter nur zum Teil in der späteren Verarbeitung der Daten herausgefiltert werden, so dass EEG-Daten von Säuglingen von einem größeren Datenrauschen betroffen sind als beispielsweise Daten von Erwachsenen.

Ein weiterer Unterschied zwischen dem HPP und dem EEG ist die Anzahl der für ein Experiment erforderlichen Trials. Da die EKPs nur einen kleinen Teil der kontinuierlichen EEG-Aufzeichnung ausmachen, ist es für eine aussagekräftige statistische Analyse notwendig, dass den Probanden eine große Anzahl von Stimuli (mind. 40) in jeder Bedingung präsentiert werden (Kaan, 2007) und daher Untersuchungen in dem EEG eine längere Durchführungszeit aufweisen als in einer HPP-Messung. Darüber hinaus wird oft eine größere Stichprobengröße (mind. 30 Probanden) im Vergleich zum HPP benötigt, wodurch jedoch die Reliabilität der EEG-Messung erhöht wird.

Insgesamt weisen beide Verfahren Vor- und Nachteile auf, die bei der Planung, Durchführung und Auswertung einer Studie zu berücksichtigen sind. Die in der Spracherwerbsforschung etablierte Methode des HPP ist ein für Säuglinge (und Kleinkinder) praktikables Setting mit einer geringen Durchführungszeit. Das EEG ist sowohl von der technischen Ausstattung als auch der eigentlichen Durchführung der Messung aufwendiger, erlaubt jedoch genauere zeitliche Einblicke in Lern- und Verarbeitungsprozesse. Die Methode ermöglicht damit keinen Einblick in Verhaltenskorrelate, sondern verbleibt auf einer neurophysiologischen Verarbeitungsebene. Für die zukünftige Spracherwerbsforschung sollte daher eine Kombination von Methoden in Betracht gezogen werden, da

Forschungsvorhaben insbesondere bei der Untersuchung heterogener Gruppen, wie beispielsweise bilingualer Säuglinge, von der Methodenvielfalt profitieren können.

5.3 Asymmetrien in der Sprachverarbeitung von Deutsch und Französisch

In der vorliegenden Arbeit zeigten Ergebnisse zweier Experimente Asymmetrien in der Sprachverarbeitung auf. In dem behavioralen Experiment 2 (Kapitel 2) zeigte sich bei den Deutsch-Französisch aufwachsenden Säuglingen eine Asymmetrie in Bezug auf die Segmentierungsfähigkeiten beider Muttersprachen in der Testphase. Die Bilingualen segmentierten das Deutsche nur dann, wenn es zuerst getestet wurde. Hörten die Säuglinge zuerst Französisch, segmentierten sie die deutschen Stimuli im Anschluss nicht. Dieser Effekt der Sprachreihenfolge wird jedoch durch die große Variabilität der individuellen Präferenzen in der HPP-Messung beeinflusst. Ein Drittel der Säuglinge, die in der Sprachreihenfolge Französisch-Deutsch getestet wurden, zeigten für die deutschen Stimuli einen Novelty-Effekt, d. h., eine Präferenz für die nicht-familiarisierten Wörter. Die verbleibenden zwei Drittel der gleichen Gruppe zeigten längere Orientierungszeiten für familiarisierte Wörter, d. h. einen Familiaritätseffekt. Insgesamt konnte daher keine erfolgreiche Segmentierung für die deutschen Stimuli nachgewiesen werden. Der gefundene Effekt könnte daher nicht auf eine zugrundeliegende Asymmetrie in der Verarbeitung der beiden Sprachen Deutsch und Französisch zurückgehen, sondern durch die individuelle Variabilität der bilingualen Säuglinge und der daraus resultierenden heterogenen Präferenzrichtungen verursacht worden sein (vgl. 5.2). Darüber hinaus konnte ein Einfluss der Sprachreihenfolge bei bilingual aufwachsenden Säuglingen mit dem EEG (Experiment 4) nicht bestätigt werden. Daher wird diese Asymmetrie nicht weiter interpretiert.

Jedoch zeigte sich bei monolingual Deutsch lernenden Säuglingen in Experiment 3 (Kapitel 3) in der EEG-Untersuchung eine Asymmetrie bezogen auf die Worterkennung in der Testphase, die nicht auf die Variabilität der Säuglinge zurückgeführt werden kann. Die monolingualen Säuglinge zeigten einen signifikanten Worterkennungseffekt für beide Sprachen nur dann, wenn Französisch zuerst getestet wurde. Wenn Deutsch zuerst getestet

wurde, zeigten sie keinen Effekt für die anschließend präsentierten französischen Stimuli. Dieser Einfluss der Sprachreihenfolge deutet darauf hin, dass für monolingual Deutsch aufwachsende Säuglinge der Wechsel von einer Segmentierungsprozedur, die überwiegend prosodische Informationen nutzt, zu einer Segmentierungsprozedur mit dem Fokus auf distributionelle Cues anspruchsvoller zu sein scheint als vice versa.

Denkbar wäre jedoch auch, dass die deutschsprachigen Säuglinge nicht zwischen verschiedenen Segmentierungsprozeduren wechseln, sondern (in diesem experimentellen Setting) bei der initial gewählten Segmentierungsprozedur verbleiben und diese versuchen auf den gesamten sprachlichen Input des Experiments anzuwenden. Die berichtete Asymmetrie könnte dadurch zustande kommen, dass Säuglinge, wenn sie mit Französisch zuerst untersucht wurden, aufgrund der akuten Stimulation mit einer zu ihrer Muttersprache prosodisch differenten Sprache, Wortgrenzen mithilfe einer distributionellen Segmentierungsprozedur identifizieren und diese Prozedur ebenfalls auf die im Anschluss präsentierten deutschen Stimuli erfolgreich anwenden. Demgegenüber nutzen die deutschsprachigen Säuglinge, wenn sie mit ihrer Muttersprache zuerst getestet werden, möglicherweise eine prosodische Segmentierungsprozedur. Diese kann auf die anschließend präsentierten französischen Stimuli jedoch nicht erfolgreich angewendet werden, da aufgrund der fehlenden lexikalischen Betonung im Französischen Wortgrenzen nicht bzw. nur an Phrasengrenzen über prosodische Cues markiert werden. Ob Säuglinge tatsächlich in eine Art Sprach- bzw. Segmentierungsmodus durch die zuerst untersuchte Sprache kommen, könnte in einer zukünftigen Studie mit deutschen jambischen Zielwörtern (d. h., dem nicht-dominanten Betonungsmuster im Deutschen) überprüft werden. Bisher liegen keine Daten für die Segmentierung von Jamben im Deutschen vor. Daten von Englisch und Niederländisch aufwachsenden Säuglingen, für die eine erfolgreiche Segmentierung von Jamben erst ab einem Alter von 10,5 Monaten nachgewiesen werden konnte (Gerken & Aslin, 2005; Jusczyk et al., 1999; Kooijman et al., 2009), legen nahe, dass deutschsprachige Säuglinge im Alter von 9 Monaten (noch) nicht in der Lage sind, jambische Zweisilber aus dem Sprachstrom zu segmentieren, so dass der Einfluss eines Sprach- bzw. Segmentierungsmodus mit diesen Stimuli untersucht werden könnte. Dazu könnte überprüft werden, ob Jamben aus deutschen Stimuli segmentiert werden können,

wenn Säuglinge zunächst mit französischen Stimuli untersucht werden, jedoch nicht, wenn sie zuvor mit deutschen Trochäen untersucht wurden. Ein solches Ergebnis würde dafür sprechen, dass die deutschsprachigen Säuglinge auch für deutsche Stimuli eine auf distributionellen Cues basierende Segmentierungsprozedur nutzen können, wenn ihnen zuvor Stimuli einer anderen Sprache geboten wurden, die keine prosodische Segmentierung erlauben.

Zusammenfassend ist die bei monolingual Deutsch aufwachsenden Säuglingen gefundene Asymmetrie in Bezug auf die Segmentierungsfähigkeit des Französischen möglicherweise nicht allein auf den erhöhten kognitiven Aufwand bei der Segmentierung einer nicht-nativen Sprache zurückzuführen, vielmehr scheint die Verarbeitung einer nicht-nativen Sprache von den prosodischen und rhythmischen Eigenschaften der Muttersprache und der darauf basierenden Segmentierungsfähigkeiten beeinflusst zu werden.

5.4 Schlussfolgerung

Zusammenfassend liefern die Studien dieser Arbeit Evidenz dafür, dass bilingual aufwachsende Säuglinge bezogen auf die Wortsegmentierungsfähigkeiten eine vergleichbare Entwicklung wie einsprachig aufwachsende Sprachlerner zeigen. Dieses Ergebnis erweitert die Datenlage bisheriger Studien, die für verschiedene Entwicklungsschritte im Spracherwerb keine Verzögerung, sondern eine zu monolingual aufwachsenden Säuglingen vergleichbare Entwicklung innerhalb einer bilingualen Population nachweisen konnten (Sprachdiskrimination: Byers-Heinlein, Burns & Werker, 2010; Bosch & Sebastian-Galles, 1997; Phonemdiskrimination: Albareda-Castellot, Pons & Sebastián-Gallés, 2011; Wahrnehmung rhythmischer Eigenschaften: Bijeljac-Babic, Höhle & Nazzi, 2016).

Für bilingual aufwachsende Säuglinge deutet sich in den Studien dieser Arbeit ein möglicher Einfluss der Sprachdominanz auf die Segmentierungsfähigkeiten an. Daran anknüpfend sollten in zukünftigen Studien bilinguale Säuglinge innerhalb einer größeren Stichprobe unter Berücksichtigung der Sprachdominanz und gegebenenfalls auch der

Sprachmischung (vgl. Orena & Polka, 2019), auf ihre Segmentierungsfähigkeiten in beiden Muttersprachen untersucht werden.

In Hinblick auf den monolingualen Spracherwerb zeigten sich in dieser Arbeit sowohl Einflüsse der Muttersprache auf die Segmentierungsfähigkeiten der Säuglinge als auch eine generelle Lernfähigkeit, die die Säuglinge dazu befähigte, nicht-nativen Sprachinput zu verarbeiten. Diese Arbeit liefert erstmals Evidenz für eine erfolgreiche sprachübergreifende Segmentierung in prosodisch differenten Sprachen unterschiedlicher Rhythmusklassen und zeigt damit Fähigkeiten von monolingualen Sprachlernern auf, die in diesem Alter bisher nicht gezeigt wurden.

Anhang

Tabelle A (Experiment 4, Linear Mixed Model, Familiarisierungsphase Bilinguale)

Linear mixed model fit by maximum likelihood . t-tests use Satterthwaite's method [lmerModLmerTest]
 Formula: Amplitude ~ Condition * Language * Biling * ROI * Lfirst + (1 | subject)

Data: TW1_r

AIC	BIC	logLik	deviance	df.resid
13115.6	13527.1	-6483.8	12967.6	1846

Scaled residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.6008	-0.5668	0.0521	0.5712	5.4030

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
subject	(Intercept)	4.818	2.195
Residual		48.609	6.972

Number of obs: 1920, groups: subject, 32

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-5.657e-01	4.696e-01	3.200e+01	-1.205	0.237171
Condition1	-7.296e-01	1.782e-01	1.888e+03	-4.095	4.40e-05 ***
Language1	-1.710e-01	1.782e-01	1.888e+03	-0.960	0.337205
Biling1	5.524e-02	5.884e-01	3.200e+01	0.043	0.966049
Biling2	4.022e-01	6.362e-01	3.200e+01	0.632	0.531768
ROI1	-3.215e-01	2.520e-01	1.888e+03	-1.276	0.202119
ROI2	-3.494e-01	2.520e-01	1.888e+03	-1.387	0.165668
Lfirst1	-5.044e-01	4.696e-01	3.200e+01	-1.074	0.290802
Condition1:Language1	-1.934e-01	1.782e-01	1.888e+03	-1.085	0.277845
Condition1:Biling1	2.282e-01	2.232e-01	1.888e+03	1.022	0.306837
Condition1:Biling2	-3.428e-01	2.414e-01	1.888e+03	-1.420	0.155764
Language1:Biling1	1.238e-01	2.232e-01	1.888e+03	0.555	0.579090
Language1:Biling2	-4.354e-01	2.414e-01	1.888e+03	-1.804	0.071464 .
Condition1:ROI1	-3.426e-01	2.520e-01	1.888e+03	-1.360	0.174094
Condition1:ROI2	-9.438e-01	2.520e-01	1.888e+03	-3.745	0.000186 ***
Language1:ROI1	-8.629e-02	2.520e-01	1.888e+03	-0.342	0.732035
Language1:ROI2	-1.777e-01	2.520e-01	1.888e+03	-0.705	0.480886
Biling1:ROI1	-6.476e-01	3.157e-01	1.888e+03	-2.051	0.040383 *
Biling2:ROI1	1.964e-01	3.414e-01	1.888e+03	0.575	0.565194
Biling1:ROI2	5.101e-01	3.157e-01	1.888e+03	1.616	0.106300
Biling2:ROI2	-2.695e-03	3.414e-01	1.888e+03	-0.008	0.993702
Condition1:Lfirst1	6.127e-01	1.782e-01	1.888e+03	3.439	0.000597 ***
Language1:Lfirst1	-2.399e-01	1.782e-01	1.888e+03	-1.346	0.178375
Biling1:Lfirst1	7.232e-01	5.884e-01	3.200e+01	1.229	0.227985
Biling2:Lfirst1	-7.343e-02	6.362e-01	3.200e+01	-0.115	0.908843
ROI1:Lfirst1	2.830e-01	2.520e-01	1.888e+03	1.123	0.261552
ROI2:Lfirst1	1.788e-01	2.520e-01	1.888e+03	0.710	0.477964
Condition1:Language1:Biling1	7.909e-01	2.232e-01	1.888e+03	3.543	0.000405 ***
Condition1:Language1:Biling2	2.232e-01	2.414e-01	1.888e+03	0.925	0.355172
Condition1:Language1:ROI1	-2.082e-01	2.520e-01	1.888e+03	-0.826	0.408725
Condition1:Language1:ROI2	4.224e-01	2.520e-01	1.888e+03	1.677	0.093801 .
Condition1:Biling1:ROI1	-2.416e-01	3.157e-01	1.888e+03	-0.765	0.444268
Condition1:Biling2:ROI1	1.065e-01	3.414e-01	1.888e+03	0.312	0.755157
Condition1:Biling1:ROI2	2.041e-01	3.157e-01	1.888e+03	0.646	0.518104
Condition1:Biling2:ROI2	2.381e-01	3.414e-01	1.888e+03	0.698	0.485531
Language1:Biling1:ROI1	6.861e-01	3.157e-01	1.888e+03	2.173	0.029877 *
Language1:Biling2:ROI1	8.849e-02	3.414e-01	1.888e+03	0.259	0.795500
Language1:Biling1:ROI2	-4.534e-02	3.157e-01	1.888e+03	-0.144	0.885825
Language1:Biling2:ROI2	-4.718e-01	3.414e-01	1.888e+03	-1.382	0.167143
Condition1:Language1:Lfirst1	6.455e-02	1.782e-01	1.888e+03	0.362	0.717184
Condition1:Biling1:Lfirst1	-4.044e-01	2.232e-01	1.888e+03	-1.812	0.070211 .
Condition1:Biling2:Lfirst1	-1.108e+00	2.414e-01	1.888e+03	-4.589	4.74e-06 ***
Language1:Biling1:Lfirst1	4.510e-01	2.232e-01	1.888e+03	2.020	0.043486 *
Language1:Biling2:Lfirst1	2.196e-01	2.414e-01	1.888e+03	0.910	0.363057
Condition1:ROI1:Lfirst1	1.598e-02	2.520e-01	1.888e+03	0.063	0.949441
Condition1:ROI2:Lfirst1	4.767e-01	2.520e-01	1.888e+03	1.892	0.058678 .
Language1:ROI1:Lfirst1	-2.006e-02	2.520e-01	1.888e+03	-0.080	0.936564
Language1:ROI2:Lfirst1	-1.563e-01	2.520e-01	1.888e+03	-0.620	0.535227
Biling1:ROI1:Lfirst1	-6.176e-01	3.157e-01	1.888e+03	-1.956	0.050562 .
Biling2:ROI1:Lfirst1	5.910e-02	3.414e-01	1.888e+03	0.173	0.862569
Biling1:ROI2:Lfirst1	-1.597e-01	3.157e-01	1.888e+03	-0.506	0.613060
Biling2:ROI2:Lfirst1	-1.916e-01	3.414e-01	1.888e+03	-0.561	0.574751
Condition1:Language1:Biling1:ROI1	3.016e-01	3.157e-01	1.888e+03	0.955	0.339536
Condition1:Language1:Biling2:ROI1	-1.718e-02	3.414e-01	1.888e+03	-0.050	0.959872
Condition1:Language1:Biling1:ROI2	5.543e-02	3.157e-01	1.888e+03	0.176	0.860640
Condition1:Language1:Biling2:ROI2	3.768e-01	3.414e-01	1.888e+03	1.104	0.269868
Condition1:Language1:Biling1:Lfirst1	9.304e-01	2.232e-01	1.888e+03	4.168	3.21e-05 ***
Condition1:Language1:Biling2:Lfirst1	1.151e-01	2.414e-01	1.888e+03	0.477	0.633603
Condition1:Language1:ROI1:Lfirst1	1.034e-01	2.520e-01	1.888e+03	0.410	0.681571
Condition1:Language1:ROI2:Lfirst1	5.677e-01	2.520e-01	1.888e+03	2.253	0.024382 *
Condition1:Biling1:ROI1:Lfirst1	-2.008e-01	3.157e-01	1.888e+03	-0.636	0.524773
Condition1:Biling2:ROI1:Lfirst1	5.003e-02	3.414e-01	1.888e+03	0.147	0.883510
Condition1:Biling1:ROI2:Lfirst1	1.497e-01	3.157e-01	1.888e+03	0.474	0.635382
Condition1:Biling2:ROI2:Lfirst1	-3.645e-01	3.414e-01	1.888e+03	-1.068	0.285767
Language1:Biling1:ROI1:Lfirst1	1.288e-01	3.157e-01	1.888e+03	0.408	0.683415
Language1:Biling2:ROI1:Lfirst1	3.324e-02	3.414e-01	1.888e+03	0.097	0.922434
Language1:Biling1:ROI2:Lfirst1	1.746e-01	3.157e-01	1.888e+03	0.553	0.580192
Language1:Biling2:ROI2:Lfirst1	-2.103e-02	3.414e-01	1.888e+03	-0.062	0.950878
Condition1:Language1:Biling1:ROI1:Lfirst1	3.548e-01	3.157e-01	1.888e+03	1.124	0.261159
Condition1:Language1:Biling2:ROI1:Lfirst1	-2.328e-03	3.414e-01	1.888e+03	-0.007	0.994560
Condition1:Language1:Biling1:ROI2:Lfirst1	8.440e-01	3.157e-01	1.888e+03	2.674	0.007571 **
Condition1:Language1:Biling2:ROI2:Lfirst1	4.903e-01	3.414e-01	1.888e+03	1.436	0.151135

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tabelle B (Experiment 4, Linear Mixed Model, Testphase Bilinguale)

Linear mixed model fit by maximum likelihood . t-tests use Satterthwaite's method ['lmerModLmerTest']
 Formula: ~ Condition * Language * Biling * ROI * Lfirst + (1 | subject)
 Data: TW1_r

AIC BIC logLik deviance df.resid
 12474.6 12886.1 -6163.3 12326.6 1846

Scaled residuals:

Min 1Q Median 3Q Max
 -4.2923 -0.6549 -0.0198 0.6410 3.9677

Random effects:

Groups Name Variance Std.Dev.
 subject (Intercept) 2.716 1.648
 Residual 34.930 5.910

Number of obs: 1920, groups: subject, 32

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2.477e+00	3.595e-01	3.200e+01	6.890	8.48e-08 ***
Condition1	-1.187e+00	1.510e-01	1.888e+03	-7.857	6.57e-15 ***
Language1	-5.844e-01	1.510e-01	1.888e+03	-3.869	0.000113 ***
Biling1	-5.629e-01	4.504e-01	3.200e+01	-1.250	0.220504
Biling2	-3.585e-01	4.871e-01	3.200e+01	-0.736	0.467087
ROI1	6.100e-01	2.136e-01	1.888e+03	2.856	0.004337 **
ROI2	2.886e+00	2.136e-01	1.888e+03	13.512	< 2e-16 ***
Lfirst1	9.402e-01	3.595e-01	3.200e+01	2.615	0.013490 *
Condition1:Language1	-3.109e-02	1.510e-01	1.888e+03	-0.206	0.836961
Condition1:Biling1	-3.949e-01	1.892e-01	1.888e+03	-2.087	0.037038 *
Condition1:Biling2	7.311e-01	2.046e-01	1.888e+03	3.573	0.000362 ***
Language1:Biling1	5.317e-02	1.892e-01	1.888e+03	0.281	0.778757
Language1:Biling2	6.779e-01	2.046e-01	1.888e+03	3.313	0.000941 ***
Condition1:ROI1	1.478e-01	2.136e-01	1.888e+03	0.692	0.489171
Condition1:ROI2	-1.105e+00	2.136e-01	1.888e+03	-5.172	2.56e-07 ***
Language1:ROI1	1.112e-01	2.136e-01	1.888e+03	0.521	0.602586
Language1:ROI2	-5.799e-01	2.136e-01	1.888e+03	-2.715	0.006690 **
Biling1:ROI1	5.626e-03	2.676e-01	1.888e+03	0.021	0.983228
Biling2:ROI1	2.799e-01	2.894e-01	1.888e+03	0.967	0.333562
Biling1:ROI2	-2.293e-01	2.676e-01	1.888e+03	-0.857	0.391669
Biling2:ROI2	2.325e-01	2.894e-01	1.888e+03	0.803	0.421835
Condition1:Lfirst1	2.849e-01	1.510e-01	1.888e+03	1.886	0.059451 .
Language1:Lfirst1	-5.465e-01	1.510e-01	1.888e+03	-3.618	0.000305 ***
Biling1:Lfirst1	-1.097e-01	4.504e-01	3.200e+01	-0.243	0.809200
Biling2:Lfirst1	-2.054e+00	4.871e-01	3.200e+01	-4.217	0.000190 ***
ROI1:Lfirst1	1.215e-01	2.136e-01	1.888e+03	0.569	0.569621
ROI2:Lfirst1	-5.773e-02	2.136e-01	1.888e+03	-0.270	0.786968
Condition1:Language1:Biling1	4.095e-01	1.892e-01	1.888e+03	2.164	0.030573 *
Condition1:Language1:Biling2	3.093e-01	2.046e-01	1.888e+03	1.511	0.130874
Condition1:Language1:ROI1	4.136e-02	2.136e-01	1.888e+03	0.194	0.846475
Condition1:Language1:ROI2	-2.772e-01	2.136e-01	1.888e+03	-1.298	0.194487
Condition1:Biling1:ROI1	-1.325e-01	2.676e-01	1.888e+03	-0.495	0.620523
Condition1:Biling2:ROI1	-6.362e-02	2.894e-01	1.888e+03	-0.220	0.826019
Condition1:Biling1:ROI2	2.738e-01	2.676e-01	1.888e+03	1.023	0.306395
Condition1:Biling2:ROI2	9.047e-02	2.894e-01	1.888e+03	0.313	0.754598
Language1:Biling1:ROI1	-2.680e-01	2.676e-01	1.888e+03	-1.001	0.316759
Language1:Biling2:ROI1	8.740e-02	2.894e-01	1.888e+03	0.302	0.762673
Language1:Biling1:ROI2	1.892e-01	2.676e-01	1.888e+03	0.707	0.479564
Language1:Biling2:ROI2	-3.370e-01	2.894e-01	1.888e+03	-1.165	0.244358
Condition1:Language1:Lfirst1	-1.357e-01	1.510e-01	1.888e+03	-0.898	0.369143
Condition1:Biling1:Lfirst1	2.960e-01	1.892e-01	1.888e+03	1.564	0.117912
Condition1:Biling2:Lfirst1	-1.532e-01	2.046e-01	1.888e+03	-0.749	0.454109
Language1:Biling1:Lfirst1	2.734e-01	1.892e-01	1.888e+03	1.445	0.148646
Language1:Biling2:Lfirst1	7.949e-01	2.046e-01	1.888e+03	3.885	0.000106 ***
Condition1:ROI1:Lfirst1	1.663e-01	2.136e-01	1.888e+03	0.778	0.436406
Condition1:ROI2:Lfirst1	1.079e-01	2.136e-01	1.888e+03	0.505	0.613427
Language1:ROI1:Lfirst1	2.747e-01	2.136e-01	1.888e+03	1.286	0.198590
Language1:ROI2:Lfirst1	7.383e-02	2.136e-01	1.888e+03	0.346	0.729638
Biling1:ROI1:Lfirst1	1.497e-01	2.676e-01	1.888e+03	0.560	0.575841
Biling2:ROI1:Lfirst1	-1.506e-01	2.894e-01	1.888e+03	-0.520	0.602923
Biling1:ROI2:Lfirst1	-5.541e-01	2.676e-01	1.888e+03	-2.071	0.038538 *
Biling2:ROI2:Lfirst1	-2.531e-01	2.894e-01	1.888e+03	-0.875	0.381846
Condition1:Language1:Biling1:ROI1	-3.312e-01	2.676e-01	1.888e+03	-1.238	0.216052
Condition1:Language1:Biling2:ROI1	1.912e-01	2.894e-01	1.888e+03	0.661	0.508907
Condition1:Language1:Biling1:ROI2	5.091e-01	2.676e-01	1.888e+03	1.903	0.057256 .
Condition1:Language1:Biling2:ROI2	2.211e-02	2.894e-01	1.888e+03	0.076	0.939094
Condition1:Language1:Biling1:Lfirst1	4.850e-02	1.892e-01	1.888e+03	0.256	0.797743
Condition1:Language1:Biling2:Lfirst1	-1.219e-01	2.046e-01	1.888e+03	-0.596	0.551446
Condition1:Language1:ROI1:Lfirst1	-2.031e-01	2.136e-01	1.888e+03	-0.951	0.341728
Condition1:Language1:ROI2:Lfirst1	2.768e-01	2.136e-01	1.888e+03	1.296	0.195208
Condition1:Biling1:ROI1:Lfirst1	2.606e-01	2.676e-01	1.888e+03	0.974	0.330329
Condition1:Biling2:ROI1:Lfirst1	-8.476e-01	2.894e-01	1.888e+03	-2.929	0.003441 **
Condition1:Biling1:ROI2:Lfirst1	-3.347e-02	2.676e-01	1.888e+03	-0.125	0.900490
Condition1:Biling2:ROI2:Lfirst1	3.491e-01	2.894e-01	1.888e+03	1.206	0.227880
Language1:Biling1:ROI1:Lfirst1	-6.316e-01	2.676e-01	1.888e+03	-2.360	0.018365 *
Language1:Biling2:ROI1:Lfirst1	-1.139e-01	2.894e-01	1.888e+03	-0.394	0.693820
Language1:Biling1:ROI2:Lfirst1	4.261e-01	2.676e-01	1.888e+03	1.592	0.111514
Language1:Biling2:ROI2:Lfirst1	-1.972e-01	2.894e-01	1.888e+03	-0.681	0.495654
Condition1:Language1:Biling1:ROI1:Lfirst1	-1.001e-01	2.676e-01	1.888e+03	-0.374	0.708504
Condition1:Language1:Biling2:ROI1:Lfirst1	4.458e-01	2.894e-01	1.888e+03	1.541	0.123584
Condition1:Language1:Biling1:ROI2:Lfirst1	3.742e-01	2.676e-01	1.888e+03	1.398	0.162180
Condition1:Language1:Biling2:ROI2:Lfirst1	-1.693e-01	2.894e-01	1.888e+03	-0.585	0.558507

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Bibliografie

- Abercrombie, D. (1967). *Elements of General Phonetics*. Edinburgh University Press.
- Albareda-Castellot, B., Pons, F. & Sebastian-Galles, N. (2011). The acquisition of phonetic categories in bilingual infants: new data from an anticipatory eye movement paradigm. *Dev Sci*, 14(2), 395-401. DOI: 10.1111/j.1467-7687.2010.00989.x
- Aslin, R., Woodward, J., LaMendola, N., Bever, T., Morgan, J. & Demuth, K. (1996). *Signal to syntax*: Psychology Press.
- Aslin, R. N. (1993). Segmentation of fluent speech into words: Learning models and the role of maternal input *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* (S. 305-315): Springer.
- Bartels, S., Darcy, I. & Höhle, B. (2009). Schwa Syllable Facilitate Word Segmentation for 9-month-old German-learning Infants. Vorgetragen bei: BUCLD.
- Bates, D., Kliegl, R., Vasishth, S. & Baayen, H. (2015). Parsimonious mixed models. *arXiv preprint arXiv:1506.04967*.
- Bijeljac-Babic, R., Höhle, B. & Nazzi, T. (2016). Early Prosodic Acquisition in Bilingual Infants: The Case of the Perceptual Trochaic Bias. *Front Psychol*, 7, 210. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00210
- Bijeljac-Babic, R., Serres, J., Höhle, B. & Nazzi, T. (2012). Effect of bilingualism on lexical stress pattern discrimination in French-learning infants. *PLoS One*, 7(2), e30843. DOI: 10.1371/journal.pone.0030843
- Bosch, L., Figueras, M., Teixido, M. & Ramon-Casas, M. (2013). Rapid gains in segmenting fluent speech when words match the rhythmic unit: evidence from infants acquiring syllable-timed languages. *Front Psychol*, 4, 106. DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00106
- Bosch, L. & Sebastian-Galles, N. (2003). Simultaneous bilingualism and the perception of a language-specific vowel contrast in the first year of life. *Lang Speech*, 46(Pt 2-3), 217-243. DOI: 10.1177/00238309030460020801
- Bosch, L. & Sebastián-Gallés, N. (1997). Native-language recognition abilities in 4-month-old infants from monolingual and bilingual environments. *Cognition*, 65(1), 33-69.
- Bosch, L. & Sebastián-Gallés, N. (2001). Evidence of early language discrimination abilities in infants from bilingual environments. *Infancy*, 2(1), 29-49.

- Brent, M. R. & Siskind, J. M. (2001). The role of exposure to isolated words in early vocabulary development. *Cognition*, 81(2), B33-B44.
- Byers-Heinlein, K. (2013). Parental language mixing: Its measurement and the relation of mixed input to young bilingual children's vocabulary size. *Bilingualism: Language and Cognition*, 16(1), 32-48. DOI: 10.1017/S1366728912000120
- Byers-Heinlein, K., Burns, T. C. & Werker, J. F. (2010). The roots of bilingualism in newborns. *Psychol Sci*, 21(3), 343-348. DOI: 10.1177/0956797609360758
- Byers-Heinlein, K., Morin-Lessard, E. & Lew-Williams, C. (2017). Bilingual infants control their languages as they listen. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 114(34), 9032-9037. DOI: 10.1073/pnas.1703220114
- Cassidy, K. W. & Kelly, M. H. (1991). Phonological information for grammatical category assignments. *Journal of Memory and Language*, 30(3), 348-369.
- Christiansen, M. H., Allen, J. & Seidenberg, M. S. (1998). Learning to segment speech using multiple cues: A connectionist model. *Language and cognitive processes*, 13(2-3), 221-268.
- Christophe, A., Dupoux, E., Bertoncini, J. & Mehler, J. (1994). Do infants perceive word boundaries? An empirical study of the bootstrapping of lexical acquisition. *J Acoust Soc Am*, 95(3), 1570-1580. DOI: 10.1121/1.408544
- Cristia, A., Seidl, A., Singh, L. & Houston, D. (2016). Test-Retest Reliability in Infant Speech Perception Tasks. *Infancy*, 21(5), 648-667. DOI: 10.1111/infa.12127
- Csibra, G., Hernik, M., Mascaró, O., Tatone, D. & Lengyel, M. (2016). Statistical Treatment of Looking-Time Data. *Developmental Psychology*, 52(4), 521-536. DOI: 10.1037/dev0000083
- Curtin, S., Mintz, T. H. & Christiansen, M. H. (2005). Stress changes the representational landscape: evidence from word segmentation. *Cognition*, 96(3), 233-262. DOI: 10.1016/j.cognition.2004.08.005
- Cutler, A. (2005). Lexical stress. *The Handbook of Speech Perception* (Pisoni, D.B. and Remez, R.E., eds), 264-289.
- Cutler, A. & Butterfield, S. (1992). Rhythmic cues to speech segmentation: Evidence from juncture misperception. *Journal of Memory and Language*, 31(2), 218-236.
- Cutler, A. & Carter, D. M. (1987). The predominance of strong initial syllables in the English vocabulary. *Computer Speech & Language*, 2(3-4), 133-142.

- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. & Segui, J. (1986). The syllable's differing role in the segmentation of French and English. *Journal of Memory and Language*, 25(4), 385-400.
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. & Segui, J. (1992). The monolingual nature of speech segmentation by bilinguals. *Cognitive Psychology*, 24(3), 381-410.
- Cutler, A. & Norris, D. (1988). The role of strong syllables in segmentation for lexical access. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 14(1), 113.
- Cutler, A. & Otake, T. (1994). Mora or phoneme? Further evidence for language-specific listening. *Journal of Memory and Language*, 33(6), 824-844.
- Delattre, P. (1966). A comparison of syllable length conditioning among languages.
- Delorme, A. & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 134(1), 9-21.
- Echols, C. H., Crowhurst, M. J. & Childers, J. B. (1997). The perception of rhythmic units in speech by infants and adults. *Journal of Memory and Language*, 36(2), 202-225.
- Féry, C. (2017). Intonation and prosodic structure: Cambridge University Press.
- Fletcher, J. (1991). Rhythm and final lengthening in French. *Journal of Phonetics*, 19(2), 193-212.
- Flo, A., Brusini, P., Macagno, F., Nespors, M., Mehler, J. & Ferry, A. L. (2019). Newborns are sensitive to multiple cues for word segmentation in continuous speech. *Dev Sci*, 22(4), e12802. DOI: 10.1111/desc.12802
- Friederici, A. D., Friedrich, M. & Christophe, A. (2007). Brain responses in 4-month-old infants are already language specific. *Curr Biol*, 17(14), 1208-1211. DOI: 10.1016/j.cub.2007.06.011
- Friederici, A. D., Friedrich, M. & Weber, C. (2002). Neural manifestation of cognitive and precognitive mismatch detection in early infancy. *Neuroreport*, 13(10), 1251-1254.
- Garcia-Sierra, A., Ramírez-Esparza, N. & Kuhl, P. K. (2016). Relationships between quantity of language input and brain responses in bilingual and monolingual infants. *International Journal of Psychophysiology*, 110, 1-17.
- Gerken, L. & Aslin, R. N. (2005). Thirty years of research on infant speech perception: The legacy of Peter W. Jusczyk. *Language learning and Development*, 1(1), 5-21.

- Gollrad, A. (2013). Prosodic cue weighting in sentence comprehension: Processing German case ambiguous structures. Universität Potsdam.
- Gonzalez-Gomez, N. & Nazzi, T. (2013). Effects of prior phonotactic knowledge on infant word segmentation: the case of nonadjacent dependencies.
- Gout, A. (2001). Etapes précoces de l'acquisition du lexique. Paris, EHESS.
- Gout, A., Christophe, A. & Morgan, J. L. (2004). Phonological phrase boundaries constrain lexical access II. Infant data. *Journal of Memory and Language*, 51(4), 548-567.
- Goyet, L., de Schonen, S. & Nazzi, T. (2010). Words and syllables in fluent speech segmentation by French-learning infants: an ERP study. *Brain Res*, 1332, 75-89. DOI: 10.1016/j.brainres.2010.03.047
- Graf Estes, K., Gluck, S. C.-W. & Bastos, C. (2015). Flexibility in statistical word segmentation: Finding words in foreign speech. *Language Learning and Development*, 11(3), 252-269.
- Hayes, B. (1995). Metrical stress theory: Principles and case studies: University of Chicago Press.
- Hockema, S. A. (2006). Finding words in speech: An investigation of American English. *Language Learning and Development*, 2(2), 119-146.
- Höhle, B. (2002). Der Einstieg in die Grammatik: Die Rolle der Phonologie/Syntax-Schnittstelle für Sprachverarbeitung und Spracherwerb.
- Höhle, B., Bijeljac-Babic, R., Herold, B., Weissenborn, J. & Nazzi, T. (2009). Language specific prosodic preferences during the first half year of life: evidence from German and French infants. *Infant Behav Dev*, 32(3), 262-274. DOI: 10.1016/j.infbeh.2009.03.004
- Höhle, B., Pauen, S., Hesse, V. & Weissenborn, J. (2014). Discrimination of Rhythmic Pattern at 4 Months and Language Performance at 5 Years: A Longitudinal Analysis of Data From German-Learning Children. *Language Learning*, 64(s2), 141-164. DOI: 10.1111/lang.12075
- Höhle, B. & Weissenborn, J. (2003). German-learning infants' ability to detect unstressed closed-class elements in continuous speech. *Developmental Science*, 6(2), 122-127. DOI: 10.1111/1467-7687.00261
- Hohne, E. A. & Jusczyk, P. W. (1994). Two-month-old infants' sensitivity to allophonic differences. *Perception & psychophysics*, 56(6), 613-623.

- Holzgrefe-Lang, J., Wellmann, C., Höhle, B. & Wartenburger, I. (2018). Infants' processing of prosodic cues: Electrophysiological evidence for boundary perception beyond pause detection. *Language and speech*, 61(1), 153-169.
- Holzgrefe-Lang, J., Wellmann, C., Petrone, C., Råling, R., Truckenbrodt, H., Höhle, B., et al. (2016). How pitch change and final lengthening cue boundary perception in German: Converging evidence from ERPs and prosodic judgements. *Language, Cognition and Neuroscience*, 31(7), 904-920.
- Houston, D. M., Jusczyk, P. W., Kuijpers, C., Coolen, R. & Cutler, A. (2000). Cross-language word segmentation by 9-month-olds. *Psychon Bull Rev*, 7(3), 504-509. DOI: 10.3758/bf03214363
- Houston-Price, C. & Nakai, S. (2004). Distinguishing novelty and familiarity effects in infant preference procedures. *Infant and Child Development*, 13(4), 341-348. DOI: 10.1002/icd.364
- Hunter, M. A. & Ames, E. W. (1988). A multifactor model of infant preferences for novel and familiar stimuli. *Advances in infancy research*.
- Johnson, E. K. (2008). Infants use prosodically conditioned acoustic-phonetic cues to extract words from speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(6), EL144-EL148.
- Johnson, E. K. & Jusczyk, P. W. (2001). Word Segmentation by 8-Month-Olds: When Speech Cues Count More Than Statistics. *Journal of Memory and Language*, 44(4), 548-567. DOI: 10.1006/jmla.2000.2755
- Johnson, E. K. & Seidl, A. (2008). Clause segmentation by 6-month-old infants: A crosslinguistic perspective. *Infancy*, 13(5), 440-455.
- Johnson, E. K. & Seidl, A. H. (2009). At 11 months, prosody still outranks statistics. *Developmental Science*, 12(1), 131-141.
- Jun, S.-A. (2005). *Prosodic typology: The phonology of intonation and phrasing*: OUP Oxford.
- Junge, C., Cutler, A. & Hagoort, P. (2014). Successful Word Recognition by 10-Month-Olds Given Continuous Speech Both at Initial Exposure and Test. *Infancy*, 19(2), 179-193. DOI: 10.1111/infa.12040

- Junge, C., Hagoort, P., Kooijman, V. & Cutler, A. (2010). *Brain potentials for word segmentation at seven months predict later language development*. Vorgetragen bei: Proceedings of the 34th Annual Boston University Conference on Language Development (BUCLD 34), 6-8 November 2009.
- Jusczyk, P. W. & Aslin, R. N. (1995). Infants' detection of the sound patterns of words in fluent speech. *Cognitive Psychology*, 29(1), 1-23.
- Jusczyk, P. W., Cutler, A. & Redanz, N. J. (1993). Infants' preference for the predominant stress patterns of English words. *Child development*, 64(3), 675-687.
- Jusczyk, P. W., Friederici, A. D., Wessels, J. M., Svenkerud, V. Y. & Jusczyk, A. M. (1993). Infants' sensitivity to the sound patterns of native language words. *Journal of Memory and Language*, 32(3), 402-420.
- Jusczyk, P. W., Houston, D. & Newsome, M. (1999). The Beginnings of Word Segmentation in English-Learning Infants. *Cognitive Psychology*, 39, 159-207.
- Jusczyk, P. W., Luce, P. A. & Charles-Luce, J. (1994). Infants' sensitivity to phonotactic patterns in the native language. *Journal of Memory and Language*, 33(5), 630-645.
- Jusczyk, P. W. & Thompson, E. (1978). Perception of a phonetic contrast in multisyllabic utterances by 2-month-old infants. *Perception & psychophysics*, 23(2), 105-109.
- Kelly, M. H. & Bock, J. K. (1988). Stress in time. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 14(3), 389.
- Kooijman, V., Hagoort, P. & Cutler, A. (2005). Electrophysiological evidence for prelinguistic infants' word recognition in continuous speech. *Brain Res Cogn Brain Res*, 24(1), 109-116. DOI: 10.1016/j.cogbrainres.2004.12.009
- Kooijman, V., Hagoort, P. & Cutler, A. (2009). Prosodic Structure in Early Word Segmentation ERP Evidence From Dutch Ten-Month-Olds. *Infancy*, 14, 591-612.
- Kooijman, V., Junge, C., Johnson, E. K., Hagoort, P. & Cutler, A. (2013). Predictive brain signals of linguistic development. *Front Psychol*, 4, 25. DOI: 10.3389/fpsyg.2013.00025
- Krämer, M. (2009). Main Stress In Italian Nonce Nouns *Romance Languages and Linguistic Theory 2006* (S. 127-141): John Benjamins Amsterdam/Philadelphia.
- Kuijpers, C. T., Coolen, R., Houston, D. & Cutler, A. (1998). Using the head-turning technique to explore cross-linguistic performance differences *Advances in infancy research: Vol. 12* (S. 205-220): Ablex.

- Makeig, S., Jung, T.-P., Ghahremani, D. & Sejnowski, T. J. (1996). Independent component analysis of simulated ERP data. *Institute for Neural Computation, University of California: technical report INC-9606*.
- Mandel, D. R., Jusczyk, P. W. & Pisoni, D. B. (1995). Infants' recognition of the sound patterns of their own names. *Psychological Science*, 6(5), 314-317.
- Männel, C. & Friederici, A. D. (2013). Accentuate or repeat? Brain signatures of developmental periods in infant word recognition. *Cortex*, 49(10), 2788-2798. DOI: 10.1016/j.cortex.2013.09.003
- Marimon, M. (2019). Word segmentation in German-learning infants and German-speaking adults: prosodic and statistical cues. Universität Potsdam.
- Marimon, M., Höhle, B. & Langus, A. (2022). Pupillary entrainment reveals individual differences in cue weighting in 9-month-old German-learning infants. *Cognition*, 224, 105054. DOI: 10.1016/j.cognition.2022.105054
- Mateu, V. & Sundara, M. (2022). Spanish input accelerates bilingual infants' segmentation of English words. *Cognition*, 218, 104936.
- Mattys, S. L. & Jusczyk, P. W. (2001). Phonotactic cues for segmentation of fluent speech by infants. *Cognition*, 78(2), 91-121.
- Mattys, S. L., Jusczyk, P. W., Luce, P. A. & Morgan, J. L. (1999). Phonotactic and prosodic effects on word segmentation in infants. *Cognitive Psychology*, 38(4), 465-494.
- Mehler, J., Dommergues, J. Y., Frauenfelder, U. & Segui, J. (1981). The syllable's role in speech segmentation. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 20(3), 298-305.
- Mersad, K. & Nazzi, T. (2012). When Mommy comes to the rescue of statistics: Infants combine top-down and bottom-up cues to segment speech. *Language learning and Development*, 8(3), 303-315.
- Morgan, J. L. (1996). A rhythmic bias in preverbal speech segmentation. *Journal of Memory and Language*, 35(5), 666-688.
- Murty, L., Otake, T. & Cutler, A. (2007). Perceptual Tests of Rhythmic Similarity: I. Mora Rhythm. *Language and speech*, 50(1), 77-99. DOI: 10.1177/00238309070500010401
- Nazzi, T., Bertoncini, J. & Bijeljac-Babic, R. (2009). A perceptual equivalent of the labial-coronal effect in the first year of life. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(3), 1440-1446.

- Nazzi, T., Bertoncini, J. & Mehler, J. (1998). Language discrimination by newborns: toward an understanding of the role of rhythm. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 24(3), 756.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Frédonie, S. & Alcantara, C. (2006). Early segmentation of fluent speech by infants acquiring French: Emerging evidence for crosslinguistic differences. *Journal of Memory and Language*, 54(3), 283-299.
- Nazzi, T., Iakimova, G., Bertoncini, J., Serres, J. & de Schonen, S. (2008). Behavioral and electrophysiological exploration of early word segmentation in French. *Angela D. Friederici, Guillaume Thierry (Hgg.): Early language development. Amsterdam, Philadelphia*, 65-89.
- Nazzi, T., Jusczyk, P. W. & Johnson, E. K. (2000). Language discrimination by English-learning 5-month-olds: Effects of rhythm and familiarity. *Journal of Memory and Language*, 43(1), 1-19.
- Nazzi, T., Mersad, K., Sundara, M., Iakimova, G. & Polka, L. (2014). Early word segmentation in infants acquiring Parisian French: task-dependent and dialect-specific aspects. *Journal of Child Language*, 41(3), 600-633. DOI: 10.1017/S0305000913000111
- Neophytou, E. (2019). The influence of experiential factors on bilingual language development. *Unpublished MPhil Thesis, Bangor University*.
- Neophytou, E., Junge, C., Roch, N. & Mills, D. (2015). Monolingual and bilingual infants show different patterns of brain activity when segmenting speech.
- Nespor, M. & Vogel, I. (1986). 1986: Prosodic phonology. Dordrecht: Foris.
- Newman, R., Ratner, N. B., Jusczyk, A. M., Jusczyk, P. W. & Dow, K. A. (2006). Infants' early ability to segment the conversational speech signal predicts later language development: a retrospective analysis. *Developmental Psychology*, 42(4), 643-655. DOI: 10.1037/0012-1649.42.4.643
- Nishibayashi, L. L., Goyet, L. & Nazzi, T. (2015). Early Speech Segmentation in French-learning Infants: Monosyllabic Words versus Embedded Syllables. *Lang Speech*, 58(Pt 3), 334-350. DOI: 10.1177/0023830914551375
- Norris, D., McQueen, J. M. & Cutler, A. (1995). Competition and segmentation in spoken-word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(5), 1209.

- Orena, A. J. & Polka, L. (2019). Monolingual and bilingual infants' word segmentation abilities in an inter-mixed dual-language task. *Infancy*, 24(5), 718-737. DOI: 10.1111/inf.12296
- Otake, T., Hatano, G., Cutler, A. & Mehler, J. (1993). Mora or syllable? Speech segmentation in Japanese. *Journal of Memory and Language*, 32(2), 258-278.
- Pelucchi, B., Hay, J. F. & Saffran, J. R. (2009). Statistical learning in a natural language by 8-month-old infants. *Child Dev*, 80(3), 674-685. DOI: 10.1111/j.1467-8624.2009.01290.x
- Peretz, I., Lussier, R. & Beland, I. (1998). The Differential Role of Syllabic Structure in Stem Completion for French and English. *European Journal of Cognitive Psychology*, 10(1), 75-112. DOI: 10.1080/713752265
- Petrone, C., Fuchs, S. & Koenig, L. L. (2017). Relations among subglottal pressure, breathing, and acoustic parameters of sentence-level prominence in German. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(3), 1715-1725.
- Pike, K. L. (1945). *The Intonation of American English*.
- Polka, L., Orena, A. J., Sundara, M. & Worrall, J. (2017). Segmenting words from fluent speech during infancy - challenges and opportunities in a bilingual context. *Dev Sci*, 20(1). DOI: 10.1111/desc.12419
- Polka, L. & Sundara, M. (2012). Word Segmentation in Monolingual Infants Acquiring Canadian English and Canadian French: Native Language, Cross-Dialect, and Cross-Language Comparisons. *Infancy*, 17(2), 198-232. DOI: 10.1111/j.1532-7078.2011.00075.x
- Pons, F. & Bosch, L. (2010). Stress pattern preference in Spanish-learning infants: The role of syllable weight. *Infancy*, 15(3), 223-245.
- Ramus, F., Nespors, M. & Mehler, J. (1999). Correlates of linguistic rhythm in the speech signal. *Cognition*, 73(3), 265-292.
- Romberg, A. R. & Saffran, J. R. (2010). Statistical learning and language acquisition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(6), 906-914.
- Saffran, J. R., Aslin, R. N. & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928.
- Sansavini, A., Bertoni, J. & Giovanelli, G. (1997). Newborns discriminate the rhythm of multisyllabic stressed words. *Developmental Psychology*, 33(1), 3.

- Schipke, C. S. (2012). Processing mechanisms of argument structure and case-marking in child development: Neural correlates and behavioral evidence. Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences Leipzig.
- Sebastián-Gallés, N. & Bosch, L. (2002). Building phonotactic knowledge in bilinguals: role of early exposure. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 28(4), 974.
- Sebastián-Gallés, N., Dupoux, E., Segui, J. & Mehler, J. (1992). Contrasting syllabic effects in Catalan and Spanish. *Journal of Memory and Language*, 31(1), 18-32.
- Seidl, A., Cristià, A., Bernard, A. & Onishi, K. (2009). Allophones and phonemes in infants' phonotactic learning. *Language, Learning, and Development*, 5, 191-202.
- Seidl, A. & Johnson, E. K. (2006). Infant word segmentation revisited: Edge alignment facilitates target extraction. *Developmental Science*, 9(6), 565-573.
- Shi, R. (2014). Functional Morphemes and Early Language Acquisition. *Child Development Perspectives*, 8(1), 6-11. DOI: 10.1111/cdep.12052
- Shi, R. & Lepage, M. (2008). The effect of functional morphemes on word segmentation in preverbal infants. *Dev Sci*, 11(3), 407-413. DOI: 10.1111/j.1467-7687.2008.00685.x
- Shi, R., Werker, J. F. & Cutler, A. (2006). Recognition and representation of function words in English-learning infants. *Infancy*, 10(2), 187-198.
- Shi, R., Werker, J. F. & Morgan, J. L. (1999). Newborn infants' sensitivity to perceptual cues to lexical and grammatical words. *Cognition*, 72, B11-B21. DOI: 10.1016/S0010-0277(99)-00047-5
- Singh, L. & Foong, J. (2012). Influences of lexical tone and pitch on word recognition in bilingual infants. *Cognition*, 124(2), 128-142. DOI: 10.1016/j.cognition.2012.05.008
- Skoruppa, K., Pons, F., Bosch, L., Christophe, A., Cabrol, D. & Peperkamp, S. (2013). The development of word stress processing in French and Spanish infants. *Language learning and Development*, 9(1), 88-104.
- Skoruppa, K., Pons, F., Christophe, A., Bosch, L., Dupoux, E., Sebastian-Galles, N., et al. (2009). Language-specific stress perception by 9-month-old French and Spanish infants. *Developmental Science*, 12(6), 914-919. DOI: 10.1111/j.1467-7687.2009.00835.x
- Spring, D. R. & Dale, P. S. (1977). Discrimination of linguistic stress in early infancy. *Journal of Speech and Hearing Research*, 20(2), 224-232.

- Teinonen, T., Fellman, V., Naatanen, R., Alku, P. & Huotilainen, M. (2009). Statistical language learning in neonates revealed by event-related brain potentials. *BMC Neurosci*, 10, 21. DOI: 10.1186/1471-2202-10-21
- Teixidó, M., François, C., Bosch, L. & Männel, C. (2018). The role of prosody in early speech segmentation and word-referent mapping: Electrophysiological evidence. (In N. Esteve-Gibert, & P. Prieto (Eds.), *The Development of Prosody in First Language Acquisition*. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.), 79–100.
- Thiessen, E. D. & Erickson, L. C. (2012). Discovering words in fluent speech: the contribution of two kinds of statistical information. *Front Psychol*, 3, 590. DOI: 10.3389/fpsyg.2012.00590
- Thiessen, E. D. & Saffran, J. R. (2003). When cues collide: use of stress and statistical cues to word boundaries by 7-to 9-month-old infants. *Developmental Psychology*, 39(4), 706.
- Tincoff, R. & Jusczyk, P. W. (1996). *Are word-final sounds perceptually salient for infants*. Vorgetragen bei: Fifth Conference on Laboratory Phonology, Evanston, IL.
- Turk, A. E., Jusczyk, P. W. & Gerken, L. (1995). Do English-learning infants use syllable weight to determine stress? *Language and speech*, 38(2), 143-158.
- Tyler, M. D. & Cutler, A. (2009). Cross-language differences in cue use for speech segmentation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(1), 367-376.
- Van de Weijer, J. C. (1999). *Language input for word discovery*: [Sl: sn].
- van Ommen, S., Boll-Avetisyan, N., Larraza, S., Wellmann, C., Bijeljac-Babic, R., Höhle, B., et al. (2020). Language-specific prosodic acquisition: A comparison of phrase boundary perception by French-and German-learning infants. *Journal of Memory and Language*, 112, 104108.
- Van Turenout, M., Hagoort, P. & Brown, C. (1999). The time course of grammatical and phonological processing during speaking: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Psycholinguistic research*, 28(6), 649-676.
- Vroomen, J., Van Zon, M. & De Gelder, B. (1996). Cues to speech segmentation: Evidence from juncture misperceptions and word spotting. *Memory & Cognition*, 24(6), 744-755.
- Weber, C., Hahne, A., Friedrich, M. & Friederici, A. D. (2005). Reduced stress pattern discrimination in 5-month-olds as a marker of risk for later language impairment: neurophysiological evidence. *Brain Res Cogn Brain Res*, 25(1), 180-187. DOI: 10.1016/j.cogbrainres.2005.05.007

- Weitzman, R. S. (2007). Some issues in infant speech perception: Do the means justify the ends? *The Analysis of Verbal Behavior*, 23(1), 17-27.
- Wellmann, C. (2022). Early sensitivity to prosodic phrase boundary cues: Behavioral evidence from German-learning infants: Universität Potsdam.
- Wellmann, C., Holzgrefe, J., Truckenbrodt, H., Wartenburger, I. & Höhle, B. (2012). How each prosodic boundary cue matters: evidence from german infants. *Front Psychol*, 3, 580. DOI: 10.3389/fpsyg.2012.00580
- Zacharaki, K. & Sebastian-Galles, N. (2021). The ontogeny of early language discrimination: Beyond rhythm. *Cognition*, 213, 104628.