

**Neurolinguistische Untersuchungen zur Antizipation des  
Turn-Endes bei gesprochener Sprache**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie

an der Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft

der Universität Bielefeld

vorgelegt von

Hendrik Wesselmeier

aus Emsdetten

Bielefeld, den 31. Mai 2016

1. Gutachter: apl. Prof. Dr. Dr. Horst M. Müller

2. Gutachterin: Prof. Dr. Martina Hielscher-Fastabend

Tag der mündlichen Prüfung (Kolloquium): 18.10.2016

Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr. Martina Hielscher-Fastabend (Vorsitzende)

apl. Prof. Dr. Dr. Horst M. Müller

apl. Prof. Dr. Sabine Weiss

## Danksagung

An erster Stelle gilt mein herzlichster Dank Herrn apl. Prof. Dr. Dr. Horst M. Müller für die Betreuung dieses Vorhabens. Ohne seine unermüdliche Unterstützung und kontinuierliche Förderung wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen. Seine Art der Betreuung hat für ein durchgängig hervorragendes Arbeitsklima gesorgt.

Frau Prof. Dr. Martina Hielscher-Fastabend danke ich vielmals für die Erstellung des Zweitgutachtens.

Frau apl. Prof. Dr. Sabine Weiss möchte ich für die stets hilfreichen Anregungen hinsichtlich des korrekten wissenschaftlichen Arbeitens und der EEG Untersuchung danken.

Mein Dank geht auch an die AG Experimentelle Neurolinguistik für die Bereitstellung des Equipments für die Untersuchung und Unterstützung in Form anregender Diskussionen. Hervorheben möchte ich dabei meinen Dank an Frau Dr. Stefanie Jansen für die gute Zusammenarbeit im SFB-Teilprojekt.

Besonders danken möchte ich auch der DFG für die finanzielle Absicherung dieses Projekts.

Auch bei meiner Familie, die mich bei jedem wie auch diesem Vorhaben unterstützt hat, möchte ich mich bedanken.

Ich widme diese Arbeit meiner Mutter Cilly Wesselmeier, die leider viel zu früh gestorben ist.

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 673 “Alignment in Communication” Teilprojekt B5 “Anticipatory alignment in dialogue”, durchgeführt in der “AG Experimentelle Neurolinguistik” der Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft der Universität Bielefeld. Teile der in dieser Dissertation vorgelegten Ergebnisse und den dazugehörigen Einleitungen und Diskussionen wurden bereits an anderer Stelle veröffentlicht:

- Wesselmeier, H., Jansen, S. & Müller, H. M. (2014). Influences of semantic and syntactic incongruence on readiness potential in turn-end anticipation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8 (296): 1–9.
- Jansen, S., Wesselmeier, H., de Ruiter, J. & Müller, H. M. (2014). Using the readiness potential of button-press and verbal response within spoken language processing. *Journal of Neuroscience Methods*, 232: 24–29.
- Wesselmeier, H. & Müller, H. M. (2015). Turn-taking: From perception to speech preparation. *Neuroscience Letters*, 609: 147–151.

## **Gliederung**

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Dialog, Turn-Antizipation und Turn-taking</b>	<b>3</b>
2.1 Dialog	4
2.2 Turn-Antizipation und Turn-taking	5
<b>3. Fragestellung und Hypothesen</b>	<b>20</b>
3.1 1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation	20
3.2 2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation	21
3.3 3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort	21
3.4 4. Teil: Überprüfung des Einflusses von syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points	22
3.5 5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation	23
<b>4. Elektrische Hirnaktivität bei der Sprachverarbeitung</b>	<b>23</b>
4.1 Physiologische Grundlagen	23
4.2 Warum eine EEG-Studie?	25
4.3 Grundlagen des EEG	26
4.3.1 Das 10/20-System	28
4.3.2 Ereignis-korrelierte Potentiale (EKP)	30
4.3.2.1 Das Bereitschaftspotential (BP)	34
4.3.2.2 Contingent negative variation (CNV)	36
4.3.3 Frequenzselektive Antworten im EEG	37
4.4 Neuronale Korrelate des Turn-takings	39
<b>5. Material und Methoden</b>	<b>40</b>
5.1 Stimuli	41

5.1.1	1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation .....	41
5.1.2	2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation .....	42
5.1.3	3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. von komplexe Antwort .....	43
5.1.4	4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points .....	44
5.1.5	5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation .....	45
5.1.6	Kodierung der Stimuli und Reaktionen .....	45
5.2	Die Probanden .....	46
5.3	Versuchsdurchführung .....	47
5.3.1	Vorbereitung .....	47
5.3.2	Händigkeit der Probanden .....	47
5.3.3	Die EEG-Ableitung .....	48
5.3.3.1	Elektrodenapplikation .....	48
5.3.3.2	Stimulus-Präsentation .....	50
5.3.3.3	EEG-Aufnahmeprogramm .....	51
5.3.4	Aufgabe der Probanden .....	53
5.3.4.1	1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation .....	54
5.3.4.2	2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation .....	54
5.3.4.3	3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort .....	54
5.3.4.4	4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points .....	55
5.3.4.5	5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation .....	55

5.4	Auswertung und Analyse .....	55
5.4.1	RT- und Anticipation Timing Accuracy (ATA)-Analyse .....	55
5.4.2	EEG-Analyse .....	56
5.4.3	Statistische Datenauswertung .....	58
<b>6.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>58</b>
6.1	1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation .....	58
6.1.1	ATA .....	58
6.1.2	EEG .....	59
6.2	2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation .....	62
6.2.1	ATA .....	62
6.2.2	EEG .....	64
6.3	3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort .....	67
6.3.1	RT .....	67
6.3.2	EEG .....	68
6.4	4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points .....	72
6.4.1	RT .....	72
6.4.2	EEG .....	73
6.5	5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation .....	75
6.5.1	RT .....	75
6.5.2	EEG .....	76
<b>7.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>77</b>
7.1	1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation .....	77

7.2	2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation .....	79
7.3	3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort .....	84
7.4	4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points .....	85
7.5	5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation .....	88
7.6	Generelle Diskussion .....	90
<b>8.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>96</b>
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>98</b>
<b>10.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>107</b>

---

## 1. Einleitung

Die Sprache stellt die höchst entwickelte Art der menschlichen Kommunikation dar (Müller 1990) und ist eine weiterentwickelte Art der Interaktion, die zuvor lediglich aus Körpersprache, Gestik und Mimik bestand (McNeill 1992). Sie entwickelte sich über mehrere zehntausend Jahre im Zuge der Evolution aus überwiegend nicht-sprachrelevanten kognitiven Fähigkeiten (Müller 2009), wie z.B. räumliche Vorstellung, abstraktes Denken und „*Theory of Mind*“ (Malle 2002). Die frühe Kommunikation wurde in erster Linie verwendet, um vor Gefahren zu warnen, in Zusammenarbeit zu jagen und spielte eine Rolle in der Arterhaltung (Müller 1990). Denn zu einer sinnvollen Zusammenarbeit von mehreren Individuen ist eine effektive Verständigung Grundvoraussetzung. Im Laufe der Jahrtausende entwickelte sich die Sprache anfangs über einzelne Laute mit diversen Bedeutungen über immer anwachsender Komplexität bis hin zu der heutigen menschlichen Sprache. Doch selbst heute kommunizieren wir nicht ausschließlich verbal und verwenden immer noch Gestik und Mimik, die aus der präverbalen Phase stammt (McNeill 1992). Trotzdem ist die verbale Sprache der wichtigste Bestandteil mit den Individuen untereinander kommunizieren und hat sich zu einer sehr effizienten Art der Interaktion zwischen Individuen entwickelt. Bei der Anwendung besteht bei dem Sprecher die Erwartung, dass der Zuhörer die durch die Sprache übertragene Information versteht, interpretiert und der Zuhörer somit mit einer kooperativen Handlung reagiert (Hagemann & Rolf 2001). Hierbei werden die Anfänge und Enden der wechselseitigen Beiträge der Interaktanten zeitlich genauso aufeinander abgestimmt, dass im Idealfall nur einer der Interaktanten spricht und beim Wechsel der Gesprächsbeiträge keine großen Überlappungen oder Pausen entstehen. In der vorliegenden Arbeit soll genau dieser Prozess des reibungslosen Sprecherwechsels untersucht werden. Die beteiligten Personen müssen sich in einem natürlichen Dialog nicht auf den Sprecherwechselprozess konzentrieren, sondern die zeitliche Koordination der Aussagen geschieht viel mehr intuitiv. Aber um gleichzeitiges Sprechen und längere Pausen zwischen den einzelnen Turns zu vermeiden, muss der Zuhörer das Ende der Aussage des aktuellen Sprechers antizipieren. Doch noch ist unklar, an welchen Faktoren sich die beteiligten Personen orientieren, um das Aussageende des Gegenübers zu antizipieren. Erst seit den 70er Jahren ist der Prozess des sogenannten Turn-takings, basierend auf den Arbeiten von Sacks, Schegloff und Jefferson, vermehrt wissenschaftlich untersucht worden.

---

In den letzten drei Dekaden wurden die neurolinguistischen Methoden zur Untersuchung der Sprachverarbeitung, von anfänglich visuell präsentierten einzelnen Wörtern über visuell präsentierte ganze Sätze, bis hin zu akustisch oder sogar audiovisuell präsentierten Äußerungen, immer weiterentwickelt. In dieser Arbeit soll der Sprecherwechsel „Turn-taking“ und im Speziellen die Antizipation des Äußerungsendes anhand psychophysiologischer Daten eines EEG-Experiments, in dem die Stimuli akustisch präsentiert wurden, untersucht werden. Im Einzelnen soll der Frage nachgegangen werden, ob die Antizipation des Endes eines Satzes von syntaktischen oder semantischen Informationen und deren Verarbeitung beeinflusst werden kann oder sogar abhängig ist. Des Weiteren soll mit Hilfe von psychophysiologischen Untersuchungen die Sprachvorbereitung, die häufig noch während des Zuhörens einsetzen kann, nachgewiesen werden.

Hierfür wurden sprachgesunden Probanden normale wie auch syntaktisch oder semantisch manipulierte Sätze akustisch präsentiert, während gleichzeitig die elektrophysiologische Aktivität mittels EEG aufgezeichnet wurde. Der erste zu untersuchende Faktor dieser Arbeit ist „Syntax“, welche sich auf die grammatische Korrektheit von Sätzen und Syntagmen bezieht (Flohr & Lobin 2009). Die manipulierte Variable war in einem Telexperiment das Verb, welches zu einem syntaktischen Verstoß verändert wurde. In einem weiteren Telexperiment wurde die syntaktische Struktur anhand der Anzahl der syntaktischen completion points (CP) verändert. Der zweite zu untersuchende Faktor dieser Arbeit ist „Semantik“, bei dem das Verb, mit einem zum Satz semantisch inkongruenten Verb ersetzt wurde. Neben den Einflussfaktoren (Syntax und Semantik) auf die Antizipationsleistung wurde die Art der Reaktion (Tastendruck oder verbale Antwort) und „cognitive load“ auf die Reaktionsvorbereitung untersucht. Ein wichtiges psychophysiologisches Maß ist dabei das Bereitschaftspotential (nachfolgend BP), welches für die Untersuchung der Reaktionsvorbereitung verwendet wurde. Das BP ist eine elektrophysiologisch messbare Komponente, die im supplementär-motorischen Kortex als negativer Kurvendeflektion, während der Vorbereitung einer willkürlich ausgeführten Bewegung auftritt (Gerloff 2005). Mit Hilfe des BP-onsets sollte bestimmt werden, wann es in den jeweiligen Konditionen zu einer früh unbewussten Reaktionsvorbereitung auf Grund der Antizipation kommt. Gleichzeitig wurden die Reaktionszeiten (engl.: *reaction time*, nachfolgend RT) in den jeweiligen Konditionen erfasst, welche dann mit den EEG-Ergebnissen als neurophysiologischen Korrelaten der kognitiven Prozesse in Relation gebracht werden.

---

Am Anfang dieser Arbeit wird der theoretische Teil die Turn-Antizipation, das Turn-taking und der zugrundeliegenden Sprachverarbeitung erläutert. Dieses beinhaltet linguistische Erklärungsansätze der Verarbeitung von Syntax, Semantik sowie deren Integration bis hin zu pragmatischen Ansätzen. Dann werden, in dem noch theoretischen Teil, die genannten Faktoren im Zusammenhang mit aktuellen Forschungsständen der Gesprächs- oder Konversations-Analyse erläutert. Anschließend werden die Grundlagen der neurologischen Prozesse der Reaktionsvorbereitung und deren Untersuchungsmethoden mit dem Schwerpunkt Elektrophysiologie besprochen.

Die Experimente stellen den Hauptteil dieser Arbeit dar. Hier werden das Design und die Durchführung der neurolinguistischen Experimente erläutert, sowie deren Ergebnisse wiedergegeben. Daraufhin werden die aus den Experimenten erhobenen Ergebnisse anhand des beschriebenen Forschungsstandes interpretiert. Zuletzt werden die Ergebnisse und die Diskussion in der Zusammenfassung resümiert.

## **2. Dialog, Turn-Antizipation und Turn-taking**

In dem folgenden Kapitel werden die bisherigen und aktuellen linguistisch-theoretischen Erklärungsansätze zum Dialog, Turn-Antizipation und Turn-taking dargestellt. Hierzu werden als erstes die theoretischen Grundlagen und deren Entwicklung beschrieben, um zu verdeutlichen, warum die Turn-Antizipation ein wichtiger Bestandteil der Prozesse im Dialog ist.

Die Linguistik ist die wissenschaftliche Untersuchung der menschlichen Sprache (Finke 2009). Sie beinhaltet unter anderem Forschungsgebiete wie z.B. Pragmatik, Semantik, Phonologie, Syntax, Morphologie und Prosodie. Die empirische Untersuchung der jeweiligen Forschungsgebiete ist unterteilt in teilweise interdisziplinäre aber grundlegend eigenständige Teildisziplinen wie z.B. Klinische-, Computer-, Psycho-, Korpus-, Kognitive- und Neurolinguistik. Die zuletzt genannte Neurolinguistik beschäftigt sich mit der neurokognitiven Verarbeitung von Sprache (Müller 2013). Die Sprache und der damit verbundenen kortikalen Repräsentation, schließt eine Vielzahl von neuronalen Korrelate ein, um die Prozesse für eine effiziente Kommunikation zu garantieren (Friederici & Alter 2004; Indefrey & Levelt 2004; Müller 2006; Müller 2013). In der Experimentellen Neurolinguistik werden während der Sprachverarbeitung (Verständnis oder Produktion)

---

mit z.B. elektrophysiologischen Messungen, wie auch mit bildgebenden Verfahren, Hirnaktivitäten gemessen und anhand des zu untersuchenden Paradigmen interpretiert.

Die Untersuchung der Rhetorik gehört schon seit ca. 500 v. Chr. zu der frühen Wissenschaft (Ueding & Steinbrink 2011), obwohl die eigentliche Sprachwissenschaft erst wenige hundert Jahre alt ist (Finke 2009). In der Rhetorik beschäftigt man sich mit dem Prozess, wie genau ein Interaktant einer Konversation einen anderen Interaktanten zu einer Handlung zu bewegen versucht. Auch in der heutigen Linguistik sind noch viele der ursprünglichen Ansichten der Rhetorik aktuell, und sie beschäftigt sich mit dem Übertragungsgeschehen bei der Übermittlung von Bedeutung (Ueding & Steinbrink 2011). Erst seit den 1960er Jahren ist die gesprochene Sprache in den Sprachwissenschaften wieder vermehrt untersucht worden. In den folgenden Dekaden stieg dann das Interesse an den Strukturen, wie Absichten pragmatisch mitgeteilt werden. In der Sprechakttheorie wird davon ausgegangen, dass ein Gespräch normalerweise eine Kommunikation ist, die ohne Störungen von statten geht (Searle 1969). Unter dieser Voraussetzung werden die pragmatischen Gesichtspunkte der zugrundeliegenden Handlung untersucht (Hagemann & Rolf 2001), indem die Analyse darauf gerichtet ist, wie Gesprächspartner die Kommunikation koordinieren und organisieren (Brinker & Sager 2010).

## **2.1 Dialog**

Ein Dialog ist ein wechselseitiger Informationsaustausch, der bei einer geführten Rede und darauffolgenden Gegenrede zwischen mindestens zwei oder auch mehreren Personen auftritt. Hierbei werden die Rollen des Sprechers und des Zuhörers mit thematisch zielgerichteten wechselseitigen Äußerungen getauscht (Sacks et al. 1974). Im Idealfall fängt dabei der Folgesprecher erst mit seiner Aussage an, nachdem der vorherige Sprecher seine Aussage beendet hat. Nur um in einem Dialog die Sprecherwechsel fließend zu gestalten, müssen die beteiligten Personen schnell von dem Prozess des Sprachverständnisses zum Prozess der Sprachproduktion wechseln können. Die Untersuchung des dabei entstehenden Sprecherwechsels ist am einfachsten, wenn ein Dialog zwischen nur zwei Gesprächspartnern beobachtet wird. In pragmatischer Hinsicht ist eine sprachliche Äußerung eine Handlung eines illokutionären Aktes mit dem wiederum ein perlokutionärer Akt geäußert wird (Hagemann & Rolf 2001), der den

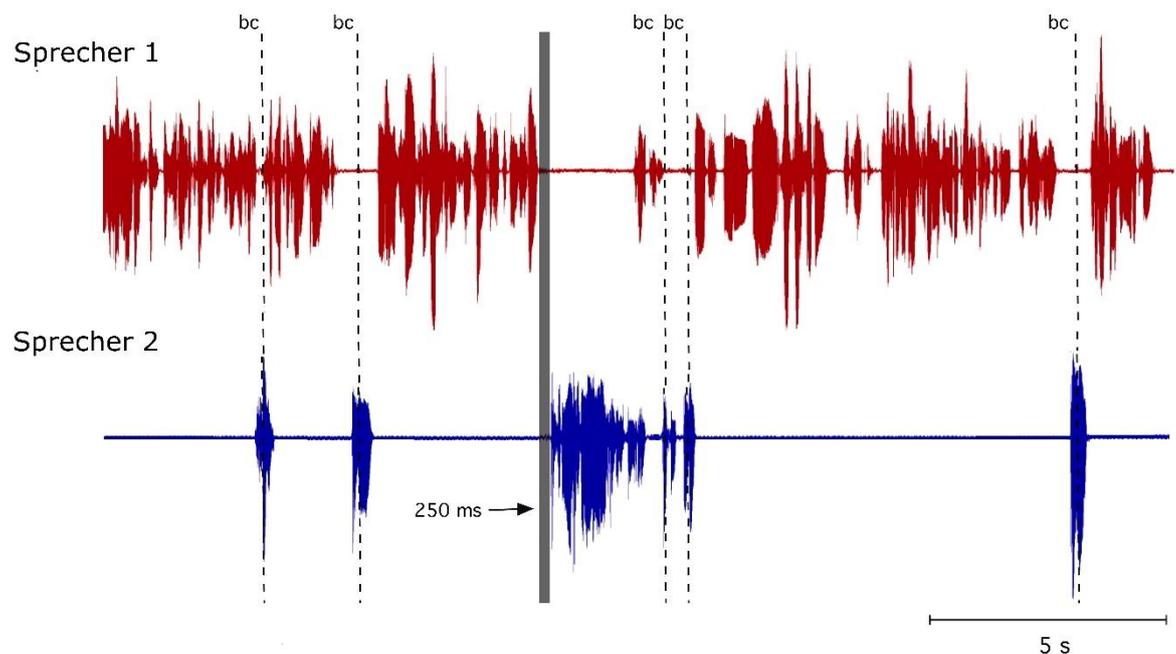
---

Zuhörer z.B. zu einer Reaktion oder Handlung bewegen soll. Die wissenschaftliche Untersuchung des Sprecherwechselprozesses gehört zu der Konversationsanalyse, die unter anderem auch als Gesprächs-, Diskurs- oder Dialog-Analyse bekannt ist. Sie besteht schon seit einigen hundert Jahren, aber erst mit der Entwicklung der technischen Mittel in den letzten Dekaden ist es möglich, die zu untersuchenden Interaktionen aufzunehmen und zu speichern, um sie später dann wiederholt beobachten und analysieren zu können (Furchner 2009). Der im Dialog entstehende Sprecherwechsel ist ein Prozess, indem der Zuhörer zum Sprecher wird und der Sprecher zum Zuhörer, weshalb dieser Prozess auch ein wichtiger Teil der Konversationsanalyse ist. Hierbei wird z.B. untersucht, warum der Sprecherwechsel so einfach und ohne darauf gerichtete Aufmerksamkeit vollzogen werden kann. Die diesbezüglichen Untersuchungen weisen darauf hin, dass es mehrere, von dem Sprecher gesendete, Strukturen und Signale gibt, welche die Turn-Antizipation und somit den reibungslosen Sprecherwechsel erst möglich machen. Diese Strukturen und Signale bestehen aus möglichen syntaktischen, semantischen (Sacks et al. 1974) und pragmatischen (Ford & Thompson 1996) Einheiten sowie aus prosodischen (Grosjean 1996) und Intonations-Mustern (Caspers 2003).

## **2.2 Turn-Antizipation und Turn-taking**

In diesem Abschnitt soll eine Zusammenfassung der zur Turn-Antizipation und Turn-taking vorhandenen und für diese Arbeit relevanten linguistischen Erklärungsansätze wiedergegeben werden. Der Prozess des Sprecherwechsels ergibt sich aus dem Sachverhalt, dass der Informationsaustausch bei der menschlichen Kommunikation in den meisten Fällen bidirektional mit aufeinander folgenden Äußerungen auftritt. Der Informationsaustausch kann bei wenigen nonverbalen Signalen, wie z.B. bei der Mimik, gleichzeitig ablaufen. Wenn jemand lächelt, kann ein Gegenüber gleichzeitig zurück lächeln, ohne dass sich diese nonverbalen Signale stören. Dass sich diese simplen Signale des einfachen Lächelns nicht gegenseitig stören, liegt daran, dass sie beidseitig erzeugt und auch gleichzeitig empfangen werden können. Bei der akustischen Kommunikation, wie etwa bei einer Unterhaltung, können komplexe Informationspakete, wie ganze Aussagen oder auch nur ein einfacher Satz, schwer produziert und gleichzeitig empfangen werden. Dieses liegt nicht nur daran, dass wir schlecht etwas verstehen können, während wir selber reden, sondern auch daran, dass in einer produktiven Konversation die Aussagen und deren Inhalte aufeinander folgend aufbauen. Das einzige was gleichzeitig

oder in kurzen Pausen einer Aussage auftreten sollte, sind kurze Rückantworten wie ein Kopfnicken, oder auch verbale Rückantworten wie z.B. ein „mhm“, „aha“ oder „ja“. Diese Rückantworten werden aber nicht verwendet, um mitzuteilen, dass man selber etwas aussagen möchte, sondern sollen dem Sprecher nur signalisieren, dass man aufmerksam zuhört und können höchstens dazu verwendet werden, um Zustimmung oder Skepsis auszudrücken (Brinker & Sager 2010). Bei der Verwendung der Rückantworten als sogenannte Hörersignale (engl.: *backchannel*, nachfolgend BC) werden auch die Strukturierungen der einzelnen Gesprächsbeiträge berücksichtigt. Sie gehören aber nicht zu dem Prozess des Turn-takings und werden daher in dieser Arbeit nicht eingehend beschrieben. Eine Illustration für einen Sprecherwechsel, wie auch der BC als Rückantwort in einem natürlichen Dialog sind in der Abbildung 1 zu erkennen.



**Abb. 1:** Ein Beispiel aus einem natürlichen Dialog zwischen zwei Sprechern anhand zweier Mikrofonspuren (blau und rot). Die backchannel (bc) sind vertikal eingezeichnet (gestrichelte Linien). Die Zeit für den Sprecherwechsel beträgt 250 ms (grauer Balken) (Wesselmeier et al. 2014, p. 2, verändert).

Neben den BCs gibt es aber noch andere Signale, mit denen wiederum der Zuhörer dem aktuellen Sprecher mitteilen kann, dass er selber etwas sagen möchte. Diese Signale können auch schon während des Turns des aktuellen Sprechers gesendet werden. Nur im Gegensatz zu den BCs werden bei der Verwendung dieser Signale, wie z.B. ein „ja aber“ oder „äh“, keine Regeln der Satzbildung berücksichtigt. Doch genauso wie bei den BCs, werden die Regeln für die Satzbildung auch beim Turn-taking berücksichtigt. Das bedeutet, es gibt während eines Dialoges immer wieder Zeitpunkte, die einen Sprecherwechsel begünstigen. Diese Zeitpunkte werden als Turn-relevante Momente (engl.: *transition relevant place*, nachfolgend TRP) bezeichnet (Schegloff 1996). Aber im Idealfall findet der Sprecherwechsel nicht nach Beendigung eines Satzes statt, sondern nach der Beendigung einer Aussage, wodurch der Sprecher einen Illokutionären Akt durchgeführt hat (Hagemann & Rolf 2001). Dazu kommt, dass Interaktanten, die sich nicht gut kennen, aus Höflichkeit im Gespräch mehr Rücksicht aufeinander nehmen. Dieses führt zu weniger Überlappungen der Turns. Auch wie sicher sich der Redner über den Wahrheitsgehalt der Aussage ist, sowie der soziale Status der jeweiligen Interaktanten, haben auf das Verhalten beim Turn-taking einen Einfluss. Hierbei wird ein Sprecher mit höherem Status weniger unterbrochen als ein Sprecher mit niedrigerem Status, aber ist selber eher dazu geneigt niedriger stehende zu unterbrechen (Brinker & Sager 2010). Jedoch gehen Wilson und Wilson (2005) davon aus, dass die kognitiven Prozesse der Sprachverarbeitung den Zeitpunkt bestimmen, an dem der Folgesprecher seinen Turn letztendlich beginnt und dieses nur sekundär von den situativen Faktoren beeinflusst wird.

Als Mitinitialisator der wissenschaftlichen Untersuchung des Sprecherwechsels (Turn-taking) gilt das von Sacks et al. (1974) beschriebene System für die Organisation des Sprecherwechsels. Dieses System beschreibt einige Eigenschaften, die während der Organisation des Turn-takings innerhalb einer Unterhaltung beobachtbar sind. Die genannten Eigenschaften des Systems in Sacks et al. (1974) sind folgende:

- 1) „Sprecherwechsel wiederholen sich, oder kommen zumindest einmal vor.“
- 2) „Überforderung wird vermieden, indem immer nur einer spricht.“
- 3) „Überlappendes Sprechen ist normal, diese Phasen bleiben aber kurz.“
- 4) „Übergänge von einem Turn zum nächsten ohne Überlappung oder Pause sind üblich. Zusammen mit leichten Überlappungen oder Pausen bilden sie jedoch die Mehrzahl der Übergänge.“
- 5) „Turn-Reihenfolgen sind nicht fest, sondern variieren.“
- 6) „Turn-Längen sind nicht fest, sondern variieren.“

- 
- 7) „Die Konversationslänge ist nicht vordefiniert.“
  - 8) „Die Inhalte der Turns sind nicht vordefiniert.“
  - 9) „Die relative Verteilung der Turns ist nicht vordefiniert.“
  - 10) „Die Anzahl der Teilnehmer einer Unterhaltung ist nicht vordefiniert.“
  - 11) „Unterhaltungen können fortwähren oder auch beendet werden.“
  - 12) „Offensichtlich werden Turn-Vergabetechniken verwendet. Ein Sprecher kann mit einer Frage, adressiert an eine Person, den nächsten Sprecher bestimmen.“
  - 13) „Es werden verschiedene Turn-Konstrukte verwendet. Von einem Wort bis zu mehreren Sätzen.“
  - 14) „Es existieren Reparaturmechanismen für Turn-taking-Fehler. Falls z.B. zwei Personen gleichzeitig sprechen, kann ein Sprecher innerhalb seiner Aussage aufhören zu sprechen, um gleichzeitiges Sprechen zu vermeiden.“
- (Sacks et al. 1974, p. 700–701)

Diese Arbeit beschränkt sich ausschließlich auf die verbale Kommunikation von nur zwei Gesprächspartnern. Hierbei muss dazu noch zwischen Selbst- und Fremdwahl (Brinker & Sager 2010) unterschieden werden, da die später beschriebenen Mechanismen nur bei der Selbstwahl ihre Anwendung finden. In einer Situation der Fremdwahl hingegen, wird der Folgesprecher direkt verbal oder auch nonverbal durch anschauen oder einer Handbewegung gewählt. Aufgrund dessen soll in dieser Arbeit auch nur der Prozess der Selbstwahl behandelt werden. Wie die Bezeichnung schon impliziert, kann bei der Selbstwahl der Rezipient aufgrund der gesendeten Signale des Sprechers (Duncan 2008) selber entscheiden, ob und wann er den Turn übernehmen möchte (Brinker & Sager 2010). Auf das Adressieren eines Turns durch den aktuellen Sprecher (Fremdwahl), wie auch die Interaktion zwischen mehr als zwei Gesprächspartnern oder die nonverbale Komponente wird in dieser Arbeit auf Grund deren zusätzlicher Komplexität nicht weiter eingegangen. Aus diesem Grund werden die Punkte 10 und 12 aus dem von Sacks et al. (1974) beschriebenen System nicht berücksichtigt. Alle Punkte berücksichtigen immer das von Schegloff (1968) genannte Grundprinzip „one party at a time“, dass immer nur einer spricht, was auch als universelle kulturübergreifende Eigenschaft nachgewiesen wurde (Stivers et al. 2009).

Ein Turn ist ein durchgängiger Gesprächsbeitrag einer Person, wenn sich zwei oder mehr Personen in einer Konversation miteinander unterhalten (Brinker & Sager 2010). Dieser kann zwar aus einem einzigen Satz bestehen, aber besteht normalerweise aus mehreren Sätzen, bis der illokutionäre Akt durchgeführt wurde (Hagemann & Rolf 2001). Dabei

---

kann ein Turn auch nur aus einem einzigen Wort oder einem unvollständigen Satz, der nur in dem Kontext der Diskussion einen Sinn ergibt, bestehen. Im Regelfall besteht ein Turn jedoch aus mehreren aufeinander folgenden Sätzen, damit sie im Kontext der Diskussion einen Sinn und somit eine zielführende Aussage ergeben. Diese zielführenden und Sinn ergebenden Aussagen wurden von Schegloff (1996) als eine Einheit bezeichnet, an dessen Ende ein TRP vorliegt. Jede Aussage ist auf so ein Ende ausgerichtet, wobei der Sprecher die Aussage so formulieren kann, dass der Zuhörer anhand der Strukturierung erkennen kann, wie und wann die Aussage enden wird. Da der Zuhörer dieses berücksichtigen muss, ist es ihm nicht möglich an jeden beliebigen Moment der Konversation einen Turnwechsel vorzunehmen. Nur dadurch, dass der Zuhörer im Voraus weiß, wann der aktuelle Sprecher seinen Redebeitrag beenden wird, hat er entsprechend genug Zeit, um seinen eigenen Turn vorzubereiten und kann dann im richtigen Moment mit seiner Äußerung beginnen. Nur anhand welcher Informationen ist es dem Zuhörer möglich, das Turn-Ende voraussagen? Dieses ist kein bewusstes Reagieren, sondern ein unbewusster Prozess, indem der Rezipient anhand von Signalen abschätzt, wann der nächste TRP eintritt. Somit kann er schon während des Turns seines Gegenübers seine eigene Äußerung vorbereiten, die er ab dem Moment des Turn-Wechsels wiedergeben möchte (de Ruiter et al. 2006). Die Signale die dem Zuhörer helfen das Turn-Ende zu antizipieren, werden auch mittels der angepassten Aussagestruktur gesendet, die als „*turn construction units*“ (nachfolgend TCUs) bezeichnet werden (Schegloff 1996). Dabei geben die TCUs mit z.B. syntaktischer, semantischer oder prosodischer Art Hinweise darauf, wann der nächste TRP eintritt. Aufgrund dessen, werden die Signale aus denen ein TCUs hervorgeht auch für die Untersuchung des Sprecherwechselverhalten herangezogen. Viele Studien beschäftigen sich damit, an welchen Faktoren Rezipienten das herannahende Ende eines aktuellen Turns erkennen können. Die am meisten diskutierten Faktoren sind Intonation (Caspers 2003), Prosodie (Wells & Macfarlane 1998; Grosjean 1996), Syntax/Semantik (Sacks et al. 1974; de Ruiter et al. 2006) und Pragmatik (Ford & Thompson 1996). Sacks et al (1974) verweisen darauf, dass syntaktische Merkmale die wichtigsten zu sein scheinen, die einen möglichen Moment für einen Sprecherwechsel signalisieren. Aber neben der Syntax gibt es noch die in dieser Arbeit behandelte Semantik als Faktor, die auch auf einen TRP hinweisen kann. Ein TRP wird umso besser als ein solcher erkannt, wenn beide, syntaktische und semantische „*completion points*“ (nachfolgend CP) zugleich an einen Zeitpunkt im Turn vorhanden sind (Ford & Thompson 1996).

In Bezug auf das Turn-taking gibt es zwei grundlegende Theorien die miteinander konkurrieren. 1) Die von Duncan und Fiske (1977) vertretene Signal- oder Reaktionstheorie, in der die Rezipienten mit Hilfe von Signalen des aktuellen Sprechers den nächsten TRP signalisiert bekommen. 2) Im Gegensatz hierzu steht die Projektionstheorie (Sacks et al 1974), in der die Rezipienten aufgrund der Turn-Struktur und der zugrundeliegenden Signale antizipieren können, wann die Äußerung des aktuellen Sprechers enden wird. Sacks et al. (1974) unterstützen die Projektionstheorie, indem sie davon ausgehen, dass Rezipienten das Turn-Ende hauptsächlich anhand syntaktischer Strukturen in Kombination mit prosodischen Mustern antizipieren können. Jedoch sind diese nicht die einzigen Faktoren, welche die Turn-Antizipation beeinflussen können. In beiden Theorien werden die genannten und einige andere Faktoren für die Detektion eines TRP diskutiert. Der Wechsel von einem Turn zum nächsten geschieht fließend und es gibt keinen festen Zeitpunkt an dem er eintritt. Aufgrund dessen, müssen für die Untersuchung des Turn-takings nicht nur die Pause zwischen den Turns, sondern auch die Turns des vorherigen und folgenden Sprechers selber untersucht werden (Schegloff 1996).

Zu berücksichtigen ist, dass fast alle Analysen genauso wie die von Sacks et al. (1974) und Duncan und Fiske (1977) die sich mit ihren grundlegenden Theorien des antizipieren und signalisieren unterscheiden, mit englischsprachigen Korpora oder Experimenten in englischer Sprache durchgeführt wurden. Daher haben Heldner und Edlund (2010) eine vergleichende Untersuchung mit mehreren Sprachen durchgeführt, in der sie die Ergebnisse in einer Metaanalyse zusammengefasst haben (siehe Abbildung 2).

Language	Eye cont.	Mean	Median	Geom. mean	Std. dev.	Source
English	No	410	320			Norwine and Murphy (1938) <sup>a</sup>
English	No	345	264		104	Brady (1968) <sup>b</sup>
English	No	507	400			Beattie and Barnard (1979)
English	No	474	333			Beattie and Barnard (1979)
English	No	480			620	Sellen (1995) <sup>c</sup>
English	Yes	664			165	Jaffe and Feldstein (1970)
English	Yes	575	360			Beattie and Barnard (1979)
English	Yes	-460			660	Sellen (1995) <sup>c</sup>
English	Yes			380		Weilhammer and Rabold (2003)
English	?	404			421	Bull (1996)
English	?	384	355			Wilson and Wilson (2005) <sup>d</sup>
French	Yes	629	451	496		Campione and Véronis (2002)
Dutch	No	-78			798	de Ruiter et al. (2006) <sup>e</sup>
Dutch	No	380	330		310	ten Bosch et al. (2005)
German	Yes			363		Weilhammer and Rabold (2003)
Japanese	Yes			389		Weilhammer and Rabold (2003)

**Abb. 2:** Zusammenfassung von Ergebnissen mehrerer Studien zu den Pausen-Intervallen zwischen Turns (Heldner & Edlund 2010, p. 558).

---

In einer weiteren Studie untersuchten (Heldner & Edlund 2010) schwedische, niederländische und schottisch-englische natürliche Dialoge, um die Pausen zwischen den Turns miteinander zu vergleichen und Unterschiede oder Übereinstimmungen festzustellen zu können. Diese Untersuchung ergab, dass Turn-taking weniger präzise ist, als immer vermutet wurde. Bei allen drei Sprachen stellten sie fest, dass am häufigsten kurze Pausen von bis zu 200 ms auftreten und nur 40% der Turn-Wechsel dauerten länger als 200 ms (Heldner & Edlund 2010). Diese Pausen sind aber zu kurz, um in einem natürlichen Dialog bemerkt zu werden (Heldner & Edlund 2010). Kuriki et al. (1999) untersuchten in einem MEG Experiment psycho-physiologische Korrelate der Sprachproduktion. Hierbei sollten die Probanden lautlos Nummern zählen, während nach einer unbestimmten Zeit ein visuelles Zeichen auftaucht, woraufhin sie laut weiterzählen sollen. Dabei wurden schon 120 bis 320 ms vor der Artikulation Aktivitäten in der linken Frontalregion gefunden (Kuriki et al. 1999). In einer Turn-Antizipations-Situation ist es unwahrscheinlich, dass diese frühe Aktivität der Äußerungsvorbereitung auftritt, bevor das Turn-Ende antizipiert wurde, da im Normalfall eine konkrete Aussage erst dann vorbereitet werden kann, wenn das Ende und der Inhalt des vorhergehenden Turns antizipiert wurde. Die Aktivierung 120 bis 320 ms vor der Artikulation deutet also darauf hin, dass eine durchschnittliche Pause von 200 ms zwischen den Turns als minimale Reaktionszeit nicht ausreichend Zeit für das Reaktionsmodell ist. Selbst mit der kürzesten Voraktivierung von 120 ms vor der Artikulation, würden die 200 ms der minimalen Pause auf eine Reaktionszeit von 80 ms reduzieren. Ausgegangen von einem Reihenprozess ergeben sich mit 120 ms minimaler Voraktivierung der Artikulation und den 200 ms der minimalen Reaktionszeit aus dem Reaktionsmodell von Duncan und Fiske (1977) 320 ms als minimale Pause. Somit ist anzunehmen, dass es Interaktanten möglich ist, das Turn-Ende zu antizipieren, wenn die Pause weniger als 320 ms beträgt. Diese miteinander in Konflikt stehenden Annahmen geben Anlass für weitere Untersuchungen des Sprecherwechselprozesses.

Die drei in dieser Arbeit zu untersuchenden Einflussfaktoren auf die Turn-Antizipation sind Syntax, Semantik und *cognitive load*. Der Faktor Syntax wurde in dieser Arbeit auf zweierlei Arten manipuliert. Einmal wurden Stimulus-Sätze mit syntaktischen Verstößen präsentiert und zum anderen wurde die Anzahl der syntaktischen *completion points* innerhalb der Stimulus-Sätze manipuliert. Die Grundlagen und relevanten Untersuchungen zu diesen drei Faktoren werden in den folgenden Absätzen erläutert.

---

Die Syntax, als eine der manipulierten Variablen, bezieht sich auf die grammatische Korrektheit von Sätzen und Syntagmen (Flohr & Lobin 2009). In Gesprächen des Alltags produzieren auch Muttersprachler vereinzelt syntaktische Fehler während einer Aussage. Diese Fehler versuchen wir im gleichen oder Folgesatz sofort zu korrigieren. Aufgrund dieser Korrekturen wird es dem Rezipienten aber schwierig den nächsten TRP zu detektieren (Koiso et al. 1998). Mit diesem Wissen wurde in einigen Untersuchungen, in Bezug auf das Turn-taking, der Faktor Syntax auf verschiedenste Weise manipuliert. De Ruiter et al. (2006) z.B. manipulierten in einem Experiment unter anderem die Syntax so, dass bei einigen Wörtern die lexiko-syntaktische Bedeutung nicht mehr erkennbar war. Die Stimuli stammen ursprünglich aus einem, im Labor aufgenommenen auf Niederländisch geführten Telefongespräch. Hierbei sollten die Probanden das Ende des Turns antizipieren und eine Taste am Ende der Aussage drücken (de Ruiter et al. 2006). Insgesamt wurden einzelnen Turns so manipuliert, dass dem Probanden 5 verschiedene Versionen präsentiert wurden. 1) Eine unmanipulierte Version. 2) In der die Intonationskonturen (Prosodie) herausgefiltert wurden. 3) In der die Wörter low-pass gefiltert wurden und somit nicht mehr erkennbar waren. 4) In der die Intonationskonturen und die Wörter nicht mehr erkennbar waren. 5) In der die Intonationskonturen, die Wörter und auch der Rhythmus nicht mehr erkennbar waren (de Ruiter et al. 2006). Mit Hilfe dieser unterschiedlich manipulierten Versionen von Stimulus-Sätzen sollte festgestellt werden, welche Informationen oder Kombinationen von Informationen benötigt werden, um das Satzende-Ende innerhalb des Intervalls eines natürlichen Turn-Wechsels zu antizipieren. Durchschnittlich lagen die RTs auf nicht manipulierten Turns bei 186 ms vor dem Turn-Ende. Diese Dauer stimmt auch mit den RTs eines natürlichen Dialoges, wie sie schon des häufigeren gemessen wurde (Heldner & Edlund 2010), überein. Die RTs auf Stimuli-Sätze in denen die Intonationskonturen nicht mehr erkennbar waren und den nicht manipulierten Stimuli-Sätzen waren nicht signifikanter unterschiedlich, was bedeutet, dass für die Antizipation des Turn-Endes die Prosodie nicht unbedingt nötig ist. Doch die RT auf Stimuli-Sätze, bei denen die Wörter unkenntlich gemacht wurden, sowie auf Stimuli-Sätze, bei denen die Wörter und die Prosodie unkenntlich gemacht wurden, war signifikant unterschiedlich von den RT auf nicht manipulierte Stimuli-Sätzen. Auch zwischen den Stimuli-Sätzen in denen die Wörter sowie die Prosodie nicht mehr erkennbar war, und den Stimuli-Sätzen, in denen neben Wörter und Prosodie zusätzlich der Rhythmus nicht mehr erkennbar war, waren die RTs signifikant unterschiedlich. Somit wirkt auch der Rhythmus unterstützend bei der Antizipation des Endes der Stimuli-

---

Sätze. Aber insgesamt hatten de Ruiter et al. (2006) damit gezeigt, dass hauptsächlich die Wörter und somit die syntaktischen, semantischen und pragmatischen Informationen für die genaue Antizipation des Turn-Endes von Nöten sind. Des Weiteren zeigte diese Studie, dass die Prosodie nur ein Folgeindiz für die Antizipation des Endes der Stimuli-Sätze ist. De Ruiter et al. (2006) schlossen hieraus, dass die Probanden hauptsächlich anhand der lexiko-syntaktischen Informationen das Turn-Ende antizipierten und die Prosodie nur unterstützend wirkt, solange die lexiko-syntaktischen Informationen zu erkennen sind. In einem Folgeexperiment versuchten Magyari und de Ruiter (2008) herauszufinden, wie Rezipienten die lexiko-syntaktische Informationen verwenden, um anhand dieser Variable das Ende eines Turns genau bestimmen zu können. Hierbei überprüften sie, ob lexiko-syntaktische Inhalte für die Turn-Antizipation wichtig sind, weil die Information es Rezipienten ermöglicht, die verbleibenden Wörter eines Turns und somit den inhaltlichen Verlauf des Turns vorausahnen zu können. In diesem Experiment wurden Stimuli-Sätze aus de Ruiter et al. (2006) mit abweichenden Längen präsentiert. Einmal mit einer Länge von durchschnittlichen 760 ms, einmal durchschnittlich 520 ms, einmal durchschnittlich 400 ms und einmal durchschnittlich 250 ms vor Ende des Turns (Magyari & de Ruiter 2008). Nachdem die Stimulus-Präsentation an den Schnittpunkten stoppte, sollten die Probanden einschätzen wie viele Wörter bis zu dem Turn-Ende noch nachfolgen und wie der Turn inhaltlich ausgehen wird. Ihre Hypothese war, dass Rezipienten vorausahnen, wie die Aussage enden wird und konnten somit auch den Zeitpunkt des Turn-Endes antizipieren. Mit Hilfe einer Gating-task konnte nachgewiesen werden, dass Probanden das Turn-Ende am besten bei Sätzen antizipieren konnten, deren letzten zwei Wörter am wahrscheinlichsten zutreffend eingeschätzt werden konnten. Umso länger der Turn war, desto besser konnte der verbleibende Inhalt des Turns und auch das Turn-Ende antizipiert werden. Eine bessere Einschätzung über den verbleibenden Inhalt des Turns korrelierte somit mit der Länge der Stimulus-Sätze. Dieses führte zu dem Ergebnis, dass die Turn-Enden, dessen Verlauf des Endes genauer vorhergesagt wurden, auch besser antizipiert wurden (Magyari & de Ruiter 2008).

In den Experimenten dieser Arbeit wurde die syntaktische Variable jedoch auf andere Arten manipuliert. Die erste Manipulation bestand aus Verben die einen syntaktischen Verstoß im Zusammenhang mit dem Rest des Satzes darstellten. Die zweite syntaktisch zu untersuchende Variable in dieser Arbeit ist die Anzahl der syntaktischen completion points. Ein syntaktischer completion point ist eine Position im Satz, an dem er, unabhängig von Intonation, pragmatisch und prosodisch implizierten TRPs, syntaktisch

---

richtig abgeschlossen sein kann. In dieser Arbeit wurden nur zwei Variationen von Stimulus-Sätzen mit verschiedener Anzahl von syntaktischen completion points verwendet. Einmal Sätze an denen der einzige syntaktische completion point am Ende ist und einmal Sätze, die zusätzlich einen weiteren möglichen syntaktischen completion point innerhalb des Satzes haben. Der Einfluss der Art der Manipulation wird in der Diskussion thematisiert.

Im Gegensatz zu Syntax handelt es sich bei der Semantik, um die Bedeutung der Sprache und deren Zeichen (Schumacher & Steiner 2009). Ein syntaktisch wohlgeformter Satz kann hinsichtlich der Bedeutung trotzdem unvollständig oder sogar widersprüchlich sein. Der folgende Beispielsatz beinhaltet solche semantischen Widersprüche. „Die Kanzlerin schreit schweigend ihren ledigen Gatten an.“ (Schumacher & Steiner 2009, p. 171). In diesem Beispielsatz befinden sich gleich zwei semantische Widersprüche. Es ist nicht möglich gleichzeitig zu schweigen und zu schreien. Zusätzlich kann ein Gatte nicht ledig sein (Schumacher & Steiner 2009). Genauso wie in diesem Experiment, steht das Verb „schreit“ im Widerspruch zu „schweigend“. Bei der Überprüfung der Semantik auf die Turn-Antizipation werden in dieser Arbeit die gleichen Beispielsätze wie beim Faktor „Syntax“ verwendet. Nur wurde in dieser Kondition auch das Verb so verändert, dass es semantisch nicht zum Rest des Satzes passt. Wenn der Faktor „Semantik“ eine Rolle bei der Antizipation des Satzendes spielt, sollte das Satzende eines syntaktisch intakten, aber semantisch unverständlichen Satzes schwerer zu antizipieren sein. Aber die Semantik ist in dieser experimentellen Situation nicht nur auf der Satzebene zu betrachten. Es ist davon auszugehen, dass das Ende eigenständiger Sätze auf Grund des fehlenden Kontextes als semantische Komponente schlechter zu antizipierten ist. Doch in einem entsprechenden experimentellen Setting demonstrierten z.B. Magyari und de Ruiter (2012), dass das Ende von Sätzen ohne Kontext dennoch akkurat antizipiert werden kann. Um auch in diesem Experiment, trotz alleinstehenden Stimulus-Sätzen und deshalb fehlendem Kontext, eine möglichst erfolgreiche Turn-Antizipation-Situation zu simulieren, wurden Stimuli verwendet, die eine *high-cloze-probability* des Satzverlaufes erfüllten.

---

Beispielsätze aus (Federmeier et al. 2007, p. 17) mit *low-* und *high-cloze-probability*:

High cloze:

Erwartet:

„The children went outside to play.“

(*Die Kinder gingen nach draußen um zu spielen.*)

Unerwartet:

„The children went outside to look.“

(*Die Kinder gingen nach draußen um zu schauen.*)

Low cloze:

Erwartet:

„Joy was to frightned to move.“

(*Joy war zu verängstigt um sich zu bewegen.*)

Unerwartet:

„Joy was to frightned to look.“

(*Joy war zu verängstigt um hinzuschauen.*)

In der Hauptkategorie wird zwischen *high* und *low cloze* des generellen Satzverlaufes unterschieden. In der Unterkategorie der Beispiele wird zwischen einem erwarteten und unerwarteten Ende des Satzes unterschieden (Federmeier et al. 2007). Die unmanipulierten Stimulus-Sätze die in dieser Arbeit verwendet worden sind, sollten zusätzlich ein zu erwartendes Ende enthalten.

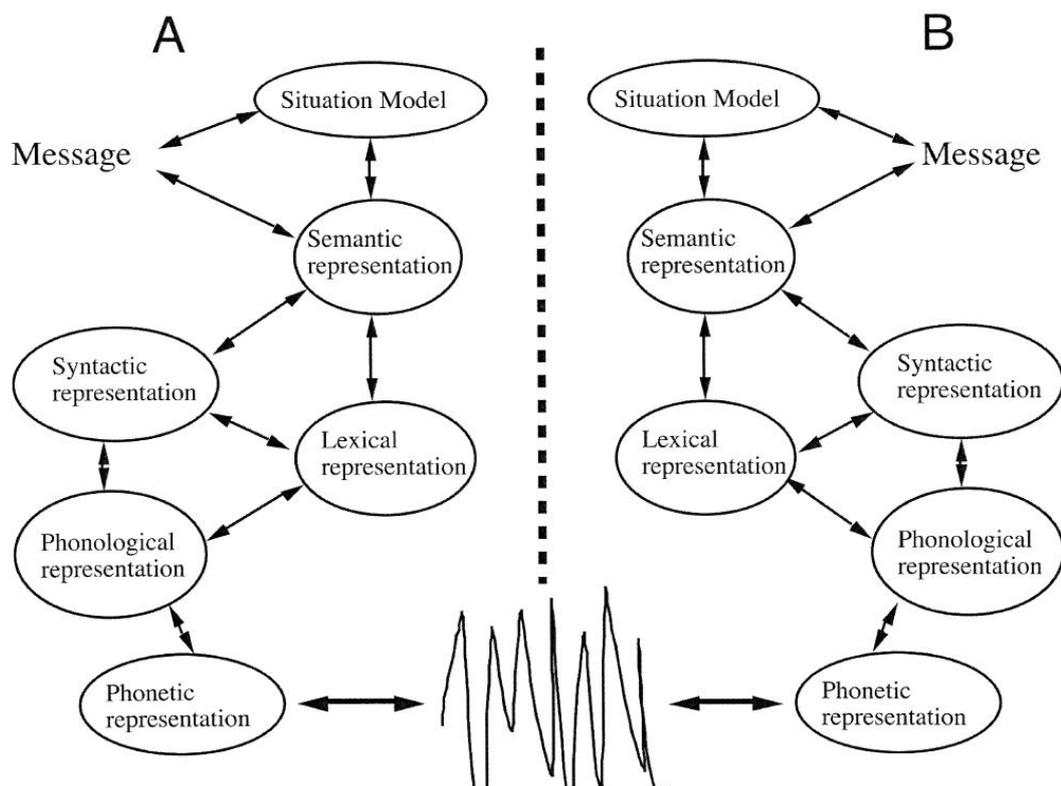
In einem behavioralen Experiment, auf dem die Experimente in dieser Arbeit aufbauen, untersuchte Schaller (2012) unter anderem den Einfluss von syntaktischen und semantischen Verstößen auf die Turn-Antizipation mit ähnlichen *high-cloze-probability* Sätzen. In diesem Experiment wurde den Probanden auf verschiedene Weise manipulierte Stimulus-Sätze präsentiert. Während der Präsentation sollten die Probanden das Ende der Sätze antizipieren und eine Taste genau in dem Moment drücken, an dem sie das Ende des Satzes erwarteten. Doch im Vergleich zu Kontrollsätzen wurde hierbei keine signifikante Verzögerung der Antizipation anhand der RT festgestellt (Schaller 2012). Ein so wie hier verwendeter Stimulus-Satz mit einem z.B. semantischen Verstoß

---

verursacht eine unmittelbare Störung hinsichtlich der Verarbeitung auf der pragmatischen Ebene. Auf Grund dessen, wird an dieser Stelle auf die Pragmatik eingegangen, auch wenn sie in dieser Arbeit nicht untersucht wird. Ford und Thompson (1996) z.B. haben die Einflüsse von Pragmatik auf die Turn-Antizipation in einem Dialog untersucht. Hierbei unterschieden sie zwischen globaler und lokaler Vollständigkeit als pragmatischer Faktor. Stellen an den der Sprecher seine Aussage beendet hat, wurden als global pragmatisch vollständig gesehen. Stellen an den der Sprecher eine Pause für eine mögliche Rückmeldung in Form eines BC ließ, aber seine Aussage weiterführen konnte, wurden als nur lokal pragmatisch vollständig gesehen. Gleichzeitig analysierten sie, ob sich an den jeweiligen Enden eine syntaktische oder prosodische Vollständigkeit befand (Ford & Thompson 1996). Das Ergebnis war, dass die Faktoren Syntax, Prosodie und pragmatische Vollständigkeit bei vielen Stellen gleichzeitig auftraten. Doch die syntaktische Vollständigkeit kam viel häufiger vor als eine prosodische oder pragmatische Vollständigkeit. Dieses hat zur Folge, dass bei einer prosodischen oder pragmatischen Vollständigkeit, auch ein Moment war der meistens auch syntaktisch Vollständig war. Umgekehrt waren bei einer syntaktischen vollständigen Stelle nicht immer pragmatisch und prosodisch vollständige Stellen (Ford & Thompson 1996). Dieses führte zu der Erkenntnis, dass bei einer syntaktischen Vollständigkeit, die prosodischen Anhaltspunkte und auch die pragmatischen Anhaltspunkte helfen zu bestimmen, ob die Äußerung an diesem Punkt endet oder ob die Äußerung noch weitergeführt werden soll. Auf Grund dessen ist nicht die Syntax, sondern die Pragmatik und die Intonation der Faktor der letztendlich anzeigt, ob die Aussage abgeschlossen wurde oder nicht (Ford & Thompson 1996). Auch andere Untersuchungen (Auer 1996; Caspers 2003; Schegloff 1998) gehen davon aus, dass die Prosodie als Faktor nicht ausschlaggebend ist, sondern lediglich einen unterstützenden Einfluss auf die Turn-Antizipation hat. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in dem Model von Auer (1998) die Syntax der Prosodie nicht übergeordnet, sondern nur ein Folgeindiz für das beabsichtigte Halten eines Turns ist, wenn anhand der syntaktischen Eigenschaften kein Signal für das Halten des Turns zu erkennen ist (Koiso et al. 1998). Nur wenn die syntaktischen Eigenschaften und gleichzeitig die Prosodie keinen Hinweis darauf geben, dass ein Turn gehalten werden soll, ist ein Turn-Wechsel möglich. Andererseits gibt es Anzeichen, dass ein Moment für einen möglichen Turn-Wechsel nur durch die Prosodie mitgeteilt wird. Beebe et al. (1988) haben z.B. nachgewiesen, dass es Säuglinge schon weit vor dem Spracherwerb möglich ist ein Turn-taking Verhalten zu simulieren. Jedoch kann diese frühe Fähigkeit

nicht von Syntax, Semantik oder Pragmatik, die als wichtige Faktoren für die korrekte Übermittlung eines illokutionären Aktes sind, beeinflusst worden sein. Daher kann dieses frühkindliche Turn-taking Verhalten vor der linguistischen Entwicklung nur durch Intonation oder prosodische Signale hervorgerufen worden sein (Yoshida & Okanoya 2005).

Pickering und Garrod (2004) haben die genannten, wie auch weitere Faktoren in einem größeren Model des Alignments, in dem die Faktoren in einem Netzwerk eine linguistische Repräsentation bilden, integriert. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Faktoren direkt, wie auch indirekt Ebenen übergreifend miteinander interagieren. Gleichzeitig interagieren hierbei noch die Sprachverarbeitungsprozesse und Selbst-Monitoring Prozesse während der Sprachproduktion miteinander. In Abbildung 3 wird dieses Model grafisch dargestellt.



**Abb. 3:** Abbildung des Alignment Modells von Pickering und Garrod. A und B repräsentieren den jeweiligen Dialogpartner. Die interaktiv agierenden Verarbeitungsstufen sind schematisch dargestellt (Pickering & Garrod 2004, p. 177).

---

In dem von Pickering und Garrod (2004) beschriebenen Alignment Model, wird davon ausgegangen, dass beide Interaktanten verschiedene Ebenen von Repräsentationen haben. Diese Ebenen interagieren während der Sprachproduktion des Sprechers genauso wie bei der Sprachverarbeitung des Rezipienten miteinander. Dieses geschieht direkt, wie z.B. zwischen der syntaktischen und semantischen Ebene aber auch indirekt bei z.B. der phonologischen und semantischen Ebene, die über die lexikalische oder syntaktische Ebene interagieren. Dabei interagieren die Ebenen beim Sprecher nicht nur top-down, sondern durch das Selbst-Monitoring der eigenen Sprachproduktion auch bottom-up wie bei dem Rezipienten. Aufgrund der Interaktion sind auch keine besonderen Mittel für die Koordination nötig, da eine ständig abgleichende Übereinstimmung zwischen den Verarbeitungsprozessen der Interaktanten entsteht. Hierbei entsteht die Übereinstimmung auf der z.B. semantischen Ebene aber nicht direkt zwischen den Interaktanten, sondern durchläuft die darunterliegenden Ebenen und wird nur über das akustische Signal übertragen. Hierdurch wird die gleiche linguistische Repräsentation im Rezipienten erzeugt wie die, die vom Sprecher ausgegeben wurde. Aufbauend auf der erzeugten Übereinstimmung der linguistischen Repräsentation im Rezipienten kann diese sofort wieder für die Produktion einer eigenen Folgeäußerung verwendet werden (Pickering & Garrod 2004; Pickering & Garrod 2007). Dieser beschriebene Alignment-Prozess ermöglicht beim Turn-taking auch eine schnelle Reaktion des vorherigen Rezipienten, da die durch das Alignment erzeugte Repräsentation bei dem Folgesprecher für die Reaktion nicht neu konstruiert werden muss.

Der Prozess des Turn-takings wurde seit der Veröffentlichung von Sacks et al. (1974) schon auf verschiedenste Weise, sei es durch Korpora Analysen oder in Experimenten, untersucht. Doch trotz intensiver Forschung, konnte noch nicht abschließend erklärt werden, wie genau es den Interaktanten gelingt das Turn-Ende so genau zu antizipieren. Die zuvor beschriebenen theoretischen und experimentellen Ergebnisse weisen darauf hin, dass einige der zuvor beschriebenen Faktoren die Antizipation des Turn-Endes beeinflussen oder sogar ermöglichen. In dieser Arbeit wurde erstmals das Bereitschaftspotential (BP), als psychophysiologisches Maß für die Untersuchung des Turn-takings, herangezogen. Das BP ist ein Ereignis-korreliertes Potential einer gewollten Bewegung (Gerloff 2005), welches in einem späteren Abschnitt detailliert beschrieben wird. In diesem Abschnitt wird auch erläutert, dass das BP schon häufiger bei Artikulationen abgeleitet wurde. Aber in den Experimenten aus dieser Arbeit wurde

---

das BP als psychophysiologischer Indikator der Antwortvorbereitung in Antizipations-Situationen verwendet. Um das BP und dessen onset-Zeiten in Turn-taking-Situationen besser interpretieren zu können, wurde in dieser Arbeit zusätzlich der Einfluss des Faktors cognitive load untersucht.

Cognitive load beschreibt die erhöhte mentale Beanspruchung und tritt z.B. bei logischen, mathematischen oder räumlichen Überlegungen auf. Umso höher die mentale Beanspruchung für das Verstehen einer Aussage oder die Überlegung einer Lösungsfindung ist, desto höher ist der cognitive load. Variationen von cognitive load durch eine unterschiedliche komplexe Ausdrucksweise oder Thematik der auf die zu reagierenden Stimulus-Sätzen auftritt, kann wahrscheinlich die Turn-Antizipation beeinflussen. Doch Variationen von cognitive load der nur Einfluss auf die Antwortproduktion hat, wie es in dieser Arbeit der Fall ist, ist ein Faktor der nicht die Turn-Antizipation beeinflusst. Aber diese Art von Variation in cognitive load ist möglicherweise ein weiterer Faktor, der das Turn-taking beeinflusst. In diesem Zusammenhang haben Sjerps und Meyer (2015) in einem behavioralen und eye-tracking Experiment schon gezeigt, dass Rezipienten erst anfangen ihren eigenen Turn vorzubereiten, wenn der aktuelle Sprecher seinen Turn schon fast beendet hat. In deren Experiment handelte es sich jedoch nicht um Variationen des cognitive loads der Antwortproduktion, wie es in der vorliegenden Arbeit der Fall ist, sondern um eine Variation der Antwortaufgabe und somit des cognitive loads (Sjerps & Meyer 2015). Im Zusammenhang mit dem Teilexperiment in dieser Arbeit, handelt es sich jedoch um keine konkreten mentalen Prozesse (z.B. mathematische oder räumliche Überlegung), sondern um die Überlegung und Antwortfindung auf eine konkrete Frage. Diese Überlegung kann aufgrund der persönlichen Erfahrung und Meinung des befragten Probanden beantwortet werden und ist vom Sprachproduktionsprozess an sich entkoppelt. Erst in späteren Prozessen, wenn das mentale Konzept artikuliert werden soll, sind Prozesse der Sprachvorbereitung integriert. Bisher gibt es anscheinend nur wenige EEG-Studien, die sich mit Beeinflussung der Planung einer Aussage bei gesprochener Sprache beschäftigen (Habets et al. 2008). Habets et al. (2008) z.B. präsentiert in einem EEG-Experiment zwei hintereinander erscheinende, aber durch eine kurze Pause unterbrochene, Bilder von Objekten, die jeweils mit einer Handlung assoziiert sind (z.B. Couch = sitzen). Die Farbe (rot oder grün) des darauffolgenden Fixationskreuzes sollte signalisieren, ob die mit den Objekten assoziierten Handlungen in chronologischer oder verkehrter Reihenfolge, in einem selbstgenerierten Satz, genannt werden soll. Die EEG-Ergebnisse zeigten, dass

sich bei verkehrter Reihenfolge (erhöhte Komplexität) die P300 Amplitude verstärkt, was verdeutlicht, dass sich eine EKP auch durch Manipulation der Sprachplanung verändert evozieren und ableiten lässt (Habets et al. 2008). Jedoch wurde in diesem Paradigma nicht die Turn-Antizipation oder das Turn-taking, sondern vielmehr die Sprachproduktion selbst untersucht. Um die Einflüsse von cognitive load auf die Sprachvorbereitung während des Turn-takings zu untersuchen, musste in dieser Arbeit ein anderes Paradigma verwendet werden.

### **3 Fragestellungen und Hypothesen**

Das folgende Kapitel beschreibt die Fragestellungen und Hypothesen, die sich aus dem im theoretischen Teil dieser Arbeit beschriebenen Feststellungen ergeben. Hierzu wurden fünf Telexperimente erstellt, in denen die jeweilige Fragestellung und die dazugehörige Hypothese behandelt werden. In den Fragestellungen und Hypothesen wird erläutert, wie erstmals mit Hilfe des BPs und dessen onset-Variation die Turn-Antizipation und das Turn-taking unter verschiedenen Bedingungen untersucht werden soll.

#### **3.1 1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation**

Auch wenn ein Tastendruck nicht zu dem natürlichen Verhalten, welches auf ein Turn- oder Satz-Ende folgt, gehört, wurde dieses Verfahren schon häufig für die Untersuchung der Turn-Antizipation verwendet (z. B.: Schaller 2012; Magyari et al. 2014). Die Messung der Antizipationsleistung anhand eines Tastendrucks, hat den Vorteil, dass sie nicht von Variablen der Artikulation beeinflusst wird, die bei einer verbalen Antwort vorkommen. Zu diesen Variablen gehören z.B. das Einatmen vor der Artikulation, die höheren kognitiven Prozesse der Sprachvorbereitung und die Komplexität der motorischen Prozesse der Artikulation. Bei beiden Arten der Reaktion auf ein Satzende sollte jedoch ein BP zu messen sein. Die Fragestellung, die sich hieraus ergibt ist: Kann ein BP-onset als Nachweis für eine frühe Antwortvorbereitung verwendet werden und ist dieses bei Artikulation genauso gut verwendbar wie bei einem Tastendruck?

Die Hypothese ist, dass sich in Turn-taking Situationen bei beiden Arten der Reaktion ein BP entwickelt und somit, als psychophysiologischer Indikator, einen bessern Nachweis

---

für die Antizipationsleistung als behaviorale Daten liefert. Des Weiteren wird erwartet, dass sich die BP-Signatur bei beiden Arten der Reaktion ähnlich entwickelt und somit für die Untersuchung des Turn-takings bei einem Tastendruck wie auch bei Artikulation verwendet werden kann.

### **3.2 2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation**

In diesem Teil des Experiments soll untersucht werden, ob syntaktische wie auch semantische Verstöße in einem Stimulus-Satz einen Einfluss auf die Antizipation des Satzendes ausüben. Wie im theoretischen Teil beschrieben, konnten de Ruiter et al. (2006) schon verzögerte RTs bei syntaktisch manipulierten Stimulus-Sätzen feststellen. Andererseits untersuchte Schaller (2012) in einem behavioralen Experiment auch den Einfluss der beiden Faktoren Syntax und Semantik auf die Turn-Antizipation. Doch hierbei wurde keine signifikante Verzögerung der Antizipation anhand der behavioralen Ergebnisse festgestellt. Genauso wie in dieser Arbeit, verwendete Schaller (2012) Stimuli mit Verstößen innerhalb der Sätze und nicht am Ende der Sätze. Hieraus ergibt sich folgende Fragestellung: Beeinflusst ein syntaktischer oder semantischer Verstoß in einem Stimulus-Satz die Reaktionsvorbereitung der Antwort im Vergleich zu einer Reaktionsvorbereitung auf einen intakten Stimulus-Satz und lässt sich dieses mit Hilfe des BPs nachweisen?

Die Hypothese ist, dass bei Sätzen mit einem syntaktischen oder semantischen Verstoß die Satzenden schlechter antizipiert werden als bei intakten Kontrollsätzen. Auch wenn dieses durch die RT-Ergebnisse nicht nachweisbar ist, sollte es möglich sein, eine variierende Antizipationsleistung anhand eines verzögerten BP-onsets nachzuweisen.

### **3.3 3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort**

Es ist davon auszugehen, dass die Sprachvorbereitung einer ausformulierten Antwort als Reaktion mehr Zeit in Anspruch nimmt als die Vorbereitung einer vorgegebenen Antwort wie ein „Ja“ als Reaktion. Doch noch ist unklar, wie sich dieser Unterschied auf das BP

der Reaktion auswirkt. Entsteht das BP schon bei der reinen Intention zu Antworten oder erst nach Beendigung der Sprachplanung und kurz vor der Artikulation? Um die Sprachvorbereitungsleistung zu testen, wurde eine Quasitastendruck (artikulierte „Ja“) mit einer formulierten Antwort als Reaktion verglichen. Hieraus ergibt sich folgende Fragestellung: Welchen Einfluss hat die Art der Antwort auf eine gehörte Frage, auf die Vorbereitung der Antwort? Wird das BP-onset durch die Vorbereitung einer ausformulierten Äußerung im Vergleich zu einem einfachen „Ja“ verzögert und korreliert somit mit der Artikulation, oder hat es einen ähnlichen Kurvenverlauf und korreliert somit mit der Intention zu antworten?

Die Hypothese ist, dass sich bei der Sprachplanung einer formulierten Antwort die Vorbereitung der motorischen Artikulation, im Gegensatz zu einem vorgegebenen „Ja“ als Antwort, verzögert was sich in einer längeren RT zeigt. Es wird zusätzlich erwartet, dass bei einem einfachen „Ja“ als Reaktion auf ein Satzende, das BP früher vor der Reaktion auftritt als bei einer formulierten Antwort. Auch eine frühzeitige Veränderung der oszillatorischen Aktivität bei formulierten Antworten sollte sich mit Hilfe der Poweranalyse nachweisen lassen.

### **3.4 4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points**

Im Vergleich zu der syntaktisch manipulierten Variable im Experiment Teil 2 soll in diesem Teilexperiment untersucht werden, ob die Anzahl der syntaktischen „*completion points*“ (nachfolgend CP) einen Einfluss auf die Antizipationsleistung hat. Die konkrete Fragestellung ist: Lässt sich das Ende eines Satzes mit einem syntaktischen CP am Ende des Satzes, schlechter antizipieren als das Ende eines Satzes mit zwei syntaktischen CPs? Variiert die RT und das BP bei Antworten auf Stimulus-Sätze mit einem syntaktischen CP zu Antworten auf Stimulus-Sätze mit zwei syntaktischen CPs?

Die Hypothese ist, dass sich das Ende eines Satzes mit einem syntaktischen CP am Ende des Satzes, schlechter antizipieren lässt als das Ende eines Satzes mit zwei syntaktischen CPs. Dieses wird weniger durch die RT deutlich als vielmehr durch unterschiedliche BP-Intervalle. Deshalb wird bei Sätzen mit zwei syntaktischen CPs ein früheres Einsetzen des BP erwartet.

---

### **3.5 5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation**

Dieses Telexperiment knüpft an Telexperiment 3 an. Ein vorgegebenes „Ja“ als Antwort beansprucht im Gegensatz zu einer formulierten Antwort weniger *cognitive load* für die Antwortvorbereitung. Doch Antwortvorbereitungen mit unterschiedlichen *cognitive load* werden möglicherweise auch unterschiedlichen Antwortvorbereitungszeiten unterliegen. Hieraus ergibt sich folgende Fragestellung: Inwiefern beeinflusst der *cognitive load* für die Sprachvorbereitung der Antwort die RT und dass durch die Antwort evozierte BP-onset?

Die Hypothese ist, dass der erhöhte *cognitive load* bei schwierigeren Fragen, im Gegensatz zu einfachen Fragen, die RT verlängert. Die Intervalle von BP-onset zu Stimulus-Ende bleiben jedoch gleich, da das Intervall vom Satzende bis zu der Intention zu antworten gleich ist.

## **4. Elektrische Hirnaktivität bei der Sprachverarbeitung**

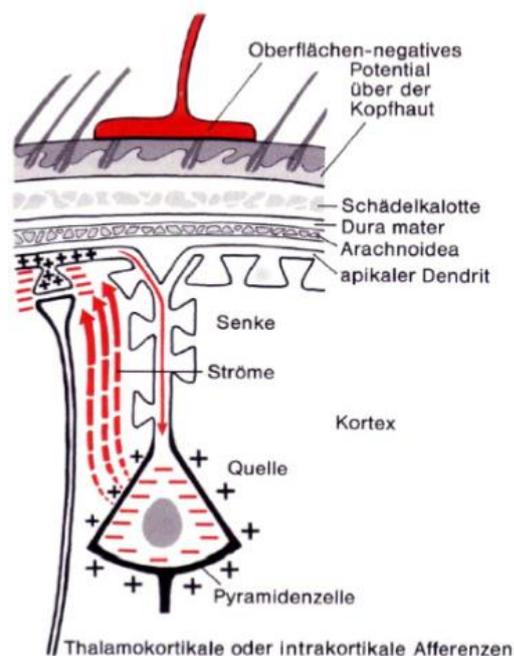
In der Experimentellen Neurolinguistik werden Sprachverarbeitungs- und Sprachproduktionsprozesse anhand neuronaler Korrelate untersucht. Hierbei werden Hirnaktivitäten mit Hilfe von elektrophysiologischen Messungen oder bildgebenden Verfahren registriert, mit denen die Sprachverarbeitungsprozesse, anhand der gleichzeitig auftretenden Ereignissen, interpretiert werden können (Müller 2013). Für die Einleitung der in dieser Arbeit durchgeführten EEG-Experimente, werden in diesem Abschnitt die physiologischen Grundlagen und das Verfahren einer EEG-Messung erläutert.

### **4.1 Physiologische Grundlagen**

Das zentrale Nervensystem (ZNS) besteht insgesamt aus dem Großhirn (Cerebrum), der Großhirnrinde, dem Hirnstamm (Truncus cerebri), dem Kleinhirn (Cerebellum) und dem Rückenmark (Medulla spinalis) und hat insgesamt ungefähr 100 Milliarden Nervenzellen (Müller 2003). Des Weiteren ist das Gehirn in zwei Gehirnhälften (Hemisphären) unterteilt, die durch den Balken (Corpus callosum) verbunden sind. Die Großhirnrinde ist gefaltet und bildet Erhebungen (Gyri) und Vertiefungen (Sulci) um mehr Oberfläche zu

schaffen. Einige der Falten werden dazu verwendet, um das Gehirn in mehrere Regionen aufzuteilen: Frontallappen, Parietallappen, Okzipitallappen und Temporallappen. Diese Aufteilung in Regionen wird auch bei der, in einem späteren Abschnitt erläuterten, Verteilung der EEG-Elektroden verwendet.

Die fast ausschließlich in Gruppen oder Netzwerken fungierenden Nervenzellen (Neuronen) stellen den kleinsten Teil der kognitiven Verarbeitung auf neuronaler Basis dar. Davon besteht jedes Neuron aus einem Zellkörper, einem Axon und größtenteils mehreren Dendriten. Das myelinisierte Axon leitet die Erregung vom Zellkörper über die Synapsen an die Dendriten oder sogar direkt an das Soma der nachgeschalteten Neuronen weiter (Heckmann & Dudel 2000). Wenn durch die simultane Aktivierung mehrere vorgeschalteter Neuronen die Aktivierung im Soma einen gewissen Schwellenwert erreicht, wird dieses Signal wiederum über das Axon an die nachgeschaltete Zelle weitergeleitet (Heckmann & Dudel 2000). Bei einer EEG-Aufnahme werden fast ausschließlich die Aktivitäten der postsynaptischen Prozesse abgeleitet (Birbaumer & Schmidt 1996), welches in Abbildung 4 an einer Pyramidenzelle dargestellt ist.



**Abb. 4:** Schematisch dargestellter Neocortex und der Entstehung der Hirnpotentiale bei einer Pyramidenzelle durch die Elektrodenverschiebung (Birbaumer & Schmidt 1996 p. 493).

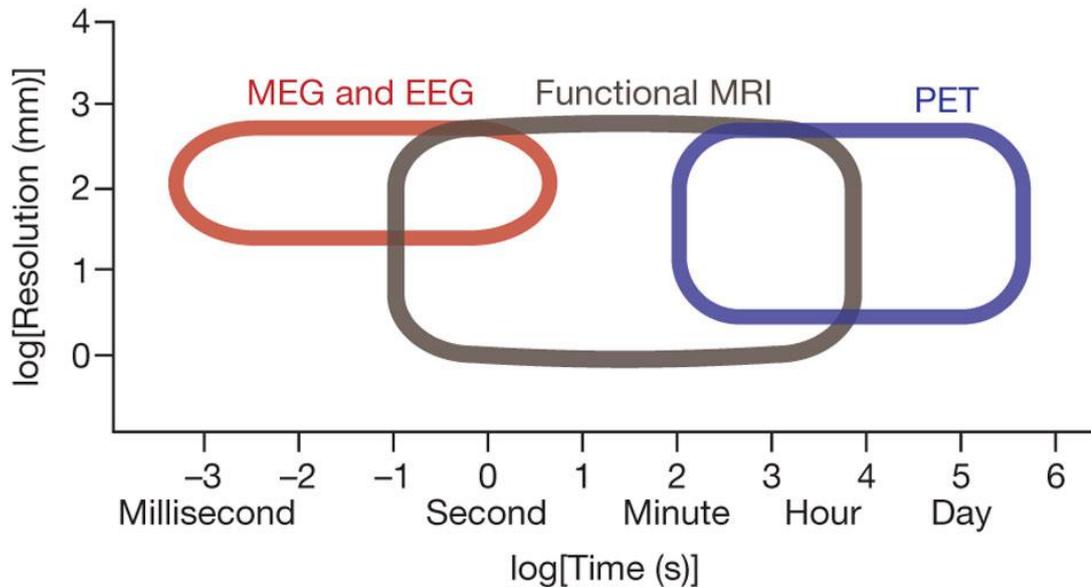
---

Alle Zellen sind von einer Membran umschlossen und behalten, durch dessen elektrischen Widerstandes, im Ruhezustand eine Spannungsdifferenz zwischen dem negativ geladenen Inneren der Zellmembran und dem positiv geladenen Äußeren der Zellmembran. Ein Potentialausgleich kann aber durch einen elektrischen Impuls von außerhalb der vorgeschalteten Neuronen ausgelöst werden und lässt somit Ionen durch die Zellmembran. Ist der Schwellenwert für einen Polarisationsausgleich erreicht, wird ein Aktionspotential durch den  $\text{Na}^+$ -Einstrom hervorgerufen (Heckmann & Dudel 2000). Das Aktionspotential wird über das Axon, welches das vorgeschaltete Nervenende darstellt, über den Spalt zwischen den Synapsen an die nachgeschaltete Nervenzelle weitergeleitet. Hierbei werden, durch einen Polarisationsausgleich der Membran der vorgeschalteten Nervenzelle, die gespeicherten Neurotransmitter freigegeben (Heckmann & Dudel 2000). Diese Neurotransmitter docken darauf an die Rezeptoren der Membran der nachgeschalteten Nervenzelle an. Bei diesem Prozess muss noch zwischen hemmenden und erregenden Potentialen unterschieden werden. Hemmende Potentiale erzeugen eine negative Potentialveränderung und die Möglichkeit einer Entladung in der nachgeschalteten Zelle wird verringert. Erregende Potentiale erzeugen eine positive Potentialveränderung und die Möglichkeit einer Entladung der nachgeschalteten Zelle wird vergrößert (Heckmann & Dudel 2000).

## 4.2 Warum eine EEG-Studie?

Wie in den vorhergehenden Abschnitten ersichtlich wurde, ist der Prozess des Turntakings ein sehr schnell ablaufender Prozess und daher wird für die Untersuchung auch ein Verfahren benötigt, das temporal sehr hochauflösend ist (Hari & Kujala 2009). Mit den 3-dimensionalen Darstellungen der bildgebenden Verfahren wie „*functional magnetic resonance imaging*“ (fMRI) oder „*Positron Emission Tomographie*“ (PET) können Aktivitätsveränderungen sehr gut kenntlich gemacht werden. Auf Grund dessen wurden sie in den letzten Jahren auch zum Standard für die Untersuchung kognitiver Prozesse. Aber weil sie nur indirekte Nachweise von Hirnaktivitäten liefern, in dem erhöhter Blutfluss in gewissen Regionen des Gehirns auf Grund von erhöhter neuronaler Aktivität gemessen wird, haben sie eine schlechte temporale Auflösung. Das EEG auf der anderen Seite detektiert direkt die elektrischen Aktivitäten der Synapsen, welches die Informationsverarbeitung des Gehirns widerspiegelt und ist daher temporal viel hochauflösender und somit geeigneter für diese Art von Untersuchungen (Van Berkum

2012). In Abbildung 5 werden die temporalen und spatialen Auflösungen der verschiedenen Verfahren grafisch dargestellt.



**Abb. 5:** Vergleich verschiedener Messverfahren in Bezug auf deren temporalen und spatialen Auflösung (Meyer-Lindenberg 2010, p. 194).

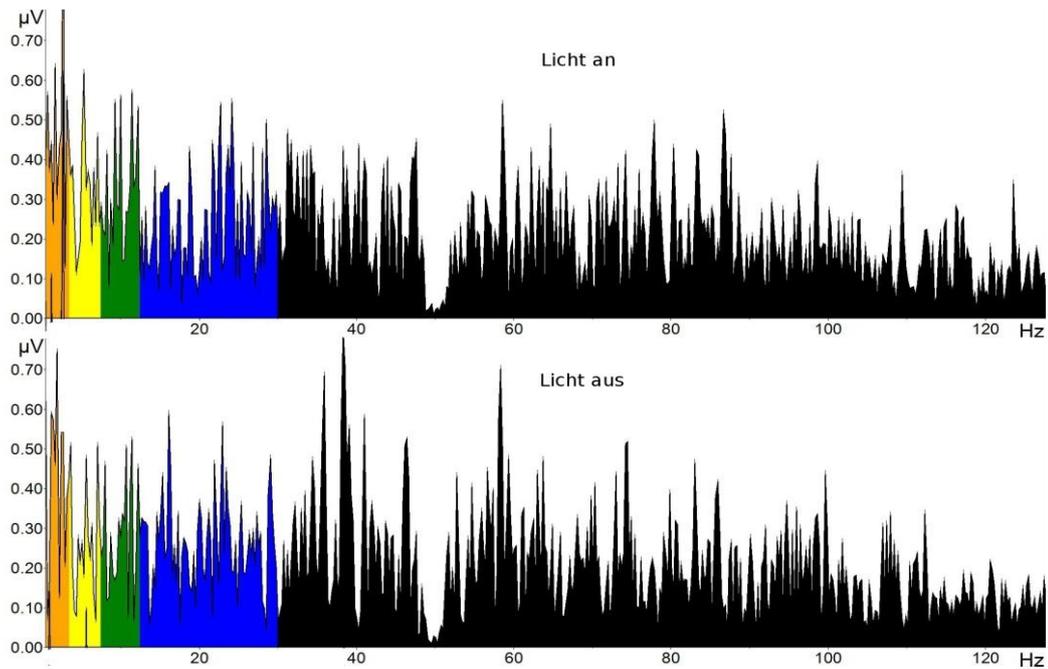
Bei den indirekten Messverfahren wie fMRI oder PET liegt die temporale Auflösung im Sekunden bis Minuten Bereich und somit weit unter der temporalen Auflösung des EEGs oder MEGs (Meyer-Lindenberg 2010), die auf Grund des direkten Detektierens der Aktivität mit ihrer temporalen Auflösung im Millisekundenbereich viel genauer sind (Luck 2014). Da das in dieser Arbeit zu untersuchende Turn-taking und deren zugrundeliegenden Sprachverarbeitung und Antwortvorbereitung als Teil der sozialen Interaktion ein Prozess ist, der innerhalb wenigen Millisekunden abläuft, wird eine temporale Auflösung von bis zu 10 ms benötigt (Hari & Kujala 2009), welche nur das EEG oder MEG gewährleisten.

### 4.3 Grundlagen des EEG

Das EEG ist die Messung der elektrischen Hirnaktivitäten, welche ursprünglich in den 1920er Jahren von Hans Berger entwickelt wurde (Birbaumer & Schmidt 1996). In diesem nicht invasiven Verfahren werden summierte elektrische Aktivitäten von

---

Neuronengruppen am Skalp abgeleitet. Dieses geschieht, indem die elektrische Spannungsdifferenz kontinuierlich von mindestens zwei verschiedenen Orten am Skalp detektiert wird. Die abgeleiteten Spannungsveränderungen stellen die Aktivitäten des zentralen Nervensystems während der zu untersuchenden kognitiven Prozesse dar. Diese Hirnaktivitäten können dann mit den gleichzeitig ablaufenden kognitiven Prozessen in Verbindung gebracht werden und lassen somit Rückschlüsse über deren Funktion während der kognitiven Verarbeitung zu (Niedermeyer 2005). Für die Positionierung der Elektroden wurde im Laufe der Jahre eine Standardisierung entwickelt die in dem Abschnitt „Das 10/20-System“ erläutert wird. Nach der Anordnung in diesem System werden die Elektroden meistens auf der Kopfoberfläche geklebt oder mit einer Elektrodenhaube fixiert. Das Signal, in Form von Spannungsschwankungen, wird von den Elektroden über ein Kabel zu einem Verstärker geleitet. Der Nachteil bei diesem Aufbau ist, dass in dem Kabel Induktionsspannungen, durch Bewegung oder in der Nähe stehende elektronische Geräte auftreten können die wiederum das eigentlich zu messende Signal überlagern. Teile dieser Induktionsspannungen können zwar am Verstärker mit Hilfe von Filtern entfernt werden, indem unterhalb und oberhalb der zu messenden Frequenz wie auch die 50 Hz Netzspannung nahestehender Geräte herausgemittelt werden. Dennoch sind die EEG-Daten dieses Verfahrens durch Induktionsspannungen belastet. Die in diesem Experiment verwendeten Aktivelektroden haben dagegen den Vorteil, dass das zu messende Signal direkt an der Elektrode verstärkt wird und Induktionsspannungen so gut wie keinen Einfluss nehmen. Das bedeutet, dass die Elektroden nahezu unempfindlich hinsichtlich elektromagnetischer Induktion nahestehender Geräte sind. Trotzdem wurde dieses sicherheitshalber überprüft, da in der abgeschirmten Kammer der Präsentationsmonitor stand, der einen Transformator enthält. Dieser Vortest anhand einer Leuchtstoffröhre hat ergeben, dass nahestehende elektrische Geräte keinen erkennbaren Einfluss auf die EEG-Ableitung in der Kammer haben. Wie in Abbildung 6 zu sehen ist, wurden selbst mögliche Induktionsspannungen im 50 Hz Bereich von dem Notchfilter entfernt.



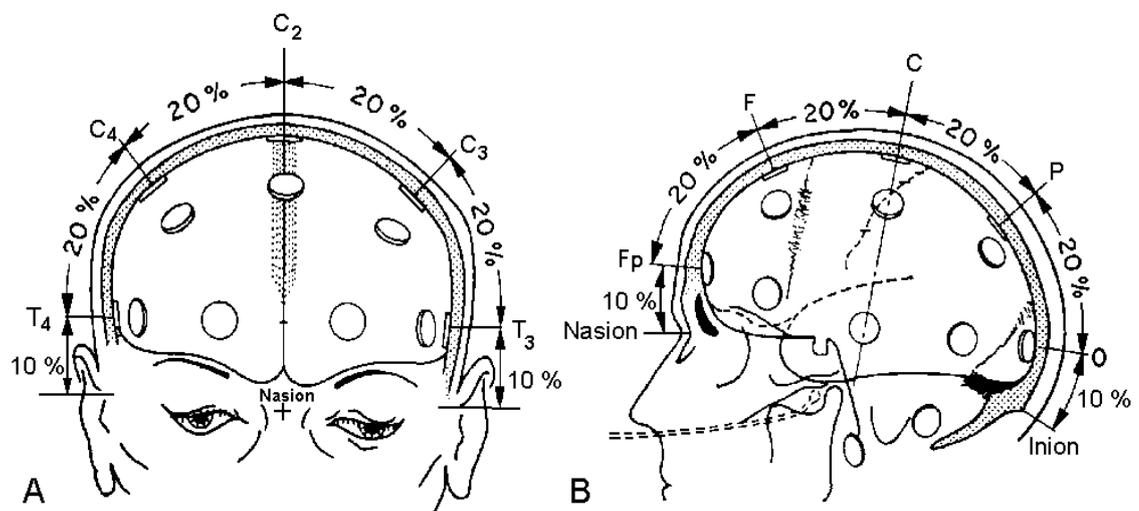
**Abb. 6:** Vortest zur Überprüfung möglicher Einflüsse der Messung durch Induktionsspannungen. Oben eine Testableitung mit eingeschaltetem Licht und unten mit ausgeschaltetem Licht.

Die Überlagerung des zu messenden Signals durch Muskelartefakte kann hierdurch jedoch nicht verhindert werden. Diese müssen wie auch das normale Rauschen durch Mittelungsprozesse, herausgefiltert werden. Der Mittelungsprozess (averaging) bezeichnet die Mittelung einer bestimmten Anzahl von zeitlichen eventabhängigen Aufnahmeintervallen (Segmente) derselben Kondition. Durch diese Verfahren setzt sich das, durch den Event verursachte, zu untersuchende Potential von dem Rauschen und anderen Artefakten ab. Dieses wird im Absatz *Ereignis-korrelierte Potentiale* (EKP) nochmal detaillierter beschrieben.

### 4.3.1 Das 10/20-System

Das erwähnte 10/20-System ist eine international bekannte Standardisierung in der die Positionen der EEG-Elektroden auf dem Skalp vordefiniert sind. Diese Standardisierung stellt sicher, dass wiederholte Messungen an Probanden und auch Messungen zwischen verschiedenen Probanden vergleichbar sind. Die Bezeichnung 10/20 bezieht sich auf die jeweils 10 oder 20 Prozent Distanz zwischen den Elektroden in ihrer seitlichen oder

hintereinanderliegenden Positionierung. Da jede Elektrode eine feste Position in dem 10/20-System hat, wurden diesen Zahlen- und Buchstaben-Kombinationen zugewiesen. Die Buchstaben F, T, C, P und O weisen jeweils auf die Hirnregion frontal, temporal, zentral, parietal und occipital über denen die Elektroden positioniert sind. Die Zahlen sind so angeordnet, dass ungerade Zahlen auf der linken und gerade Zahlen auf der rechten Hemisphäre positioniert sind. Bei der Originalabbildung von Jasper (1958) in Abbildung 7 sind die Elektroden unterhalb der Schädeldecke positioniert, welche sich aber bei einer normalen EEG-Ableitung auf dem Skalp befinden.

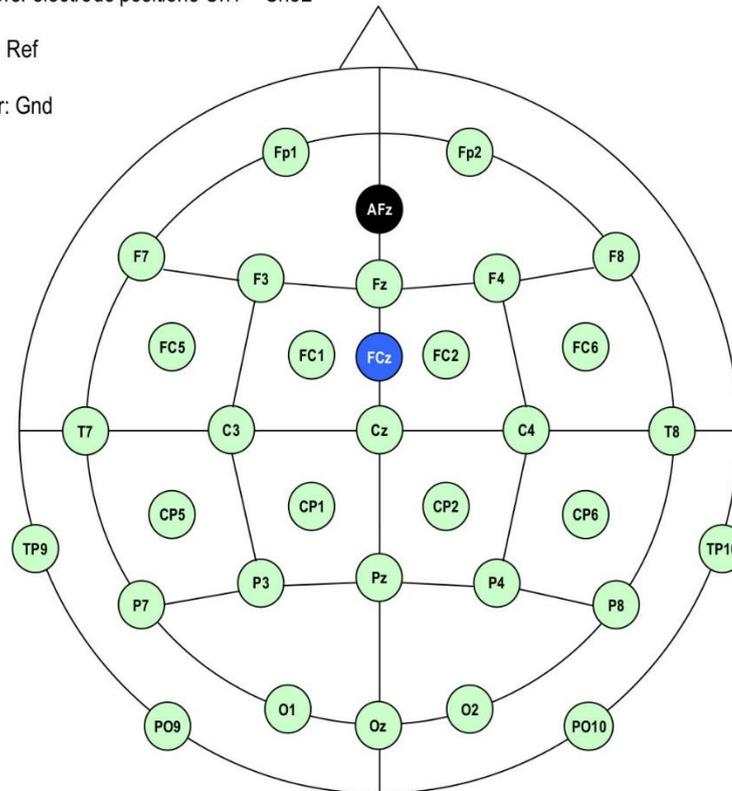


**Abb. 7:** Diese Abbildung zeigt die seitlichen und hintereinanderliegenden Positionierungen der Elektroden nach dem internationale 10/20-System. A in der Frontalansicht und B von der linken Seite. Die Position der Elektroden ist in 10% und 20% Schritten vom Nasion zum Inion aufgeteilt (Jasper 1958, p. 372).

Für die Untersuchung in dieser Arbeit sind nur bestimmte Elektrodenpositionen als Analyseobjekt von Interesse. Die meisten Untersuchungen des BPs von Fingerbewegungen der rechten Hand konzentrieren sich auf die Auswertungen der abgeleiteten Aktivitäten an C<sub>3</sub> und für Bewegungen der linken Hand an C<sub>4</sub>. Vorhergehende Aktivitäten von Bewegungen der Artikulation werden als bilaterales Potential von Cz abgeleitet. Abbildung 8 zeigt die Positionierung der Elektroden des 10/20-Systems nochmal von oben.

**actiCAP 32Ch Standard-2**

-  Green holders: electrode positions Ch1 – Ch32
-  Blue holder: Ref
-  Black holder: Gnd



**Abb. 8:** Das 10/20-System von Jasper (1958) aus dem actiCAP Manuel. In grün sind die Elektroden für die Ableitung gekennzeichnet. Die Elektrode für die Referenzierung ist blau gekennzeichnet und die Masse-Elektrode schwarz (Brain Products 2006).

In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass die Elektroden C3, Cz und C4 alle in einer Linie über dem primär-motorischen Kortex positioniert sind. C3 über den linken, Cz mittig über der Zentralfurche und C4 über den rechten primär-motorischen Kortex. Die Wahl der Elektroden, wird in dem Abschnitt der das Bereitschaftspotential beschreibt, erklärt.

### 4.3.2 Ereignis-korrelierte Potentiale (EKP)

Neben den Frequenzen sind die *Ereignis-korrelierten Potentiale* (EKP), im englischen *event related potentials* (ERP) genannt, die am meist untersuchten Hirnaktivitäten die mit Hilfe des EEGs gemessen werden können. Hierbei werden die von den in Netzwerken interagierenden Neuronengruppen generierten Hirnaktivitäten abgeleitet, die der zu untersuchenden kognitiven Verarbeitung zugrunde liegen. Die EKPs werden durch

Spannungsveränderungen innerhalb der Neuronengruppen meistens in der Großhirnrinde erzeugt und benötigen eine parallele Aktivierung von mindestens 1000 Neuronen, damit das Signal detektiert werden kann (Kutas et al. 2005). Die damit verbundene kognitive Verarbeitung kann ein temporal korreliertes motorisches, sensorisches oder mentales Ereignis sein (Gerloff 2005). Um die EKP-Signatur von der überlagerten Spontanaktivität und den Artefakten zu unterscheiden und darzustellen, werden in der Analyse mehrere Segmente, in denen das mentale Ereignis stattfand, gemittelt. Hierbei werden die Spontanaktivität und Artefakte herausgemittelt und das EKP kann als erkennbarer Kurvenverlauf dargestellt werden. Dabei gilt, umso kleiner das EKP ist, umso mehr Segmente mit dem zu untersuchenden Events werden benötigt, um das EKP von der Spontanaktivität und Artefakten zu unterscheiden.

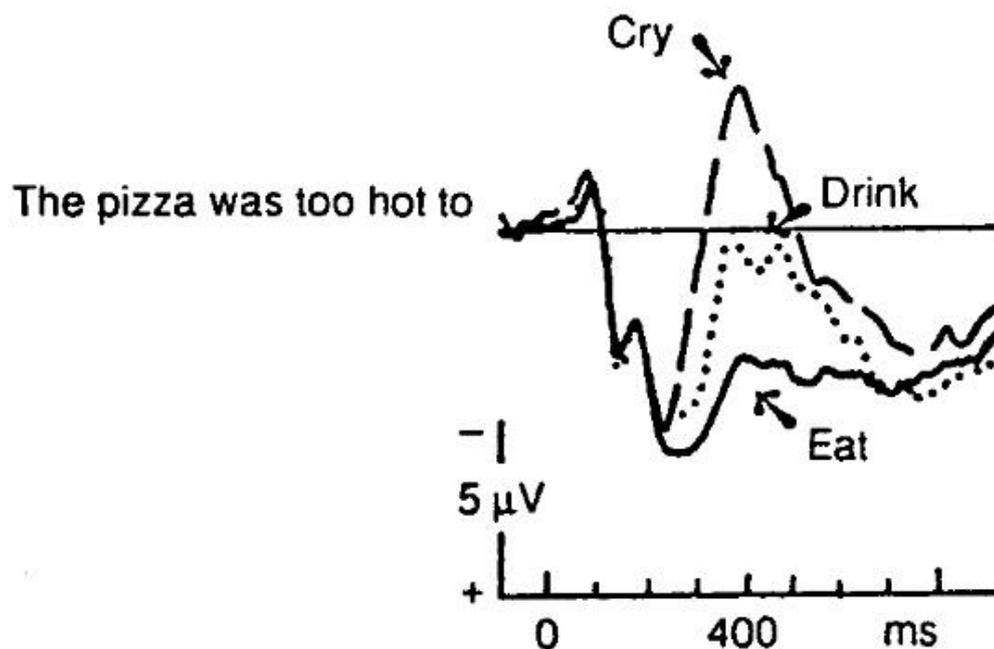
Die Analyse der EKPs ist eine Art der Untersuchung von kognitiven Prozessen, wobei unterschiedliche Paradigmen verschiedenste Arten von EKPs erzeugen können. Dabei können zwischen Kontroll- und Experimentellen- Kondition, Temporal- wie auch Stärke- Abweichungen der Amplitude bewirkt werden. Diese Abweichungen können dann Informationen über die Anordnung oder den zeitlichen Verlauf von kognitiven Prozessen wie z.B. der Sprachverarbeitung liefern, die aus reinen behavioralen Experimenten und deren Ergebnissen nicht ersichtlich sind. Zu diesen replizierbaren psychophysiologischen Effekten gehören die im folgenden beschriebenen EKPs.

Da in den Experimenten in dieser Arbeit Stimuli mit syntaktischen und semantischen Verstößen präsentiert wurden, werden in diesem Zusammenhang die EKP Komponenten N400 und P600 erläutert. Diese wurden überprüft sind aber nicht Teil der Ergebnisbeschreibung.

### **N400**

Die N400 Komponente ist eine negative Amplitude beginnend ungefähr 250 ms nach Beginn eines unerwarteten Stimulus und erreicht ihre Amplitudenspitze nach ungefähr 400 ms (Gerloff 2005). Sie wurde zuerst von Kutas und Hillyard (1980) in Bezug auf lesen von sinnlosen Sätzen beschrieben und ist auch hinsichtlich der Sprachverarbeitung eine der am besten erforschten EKPs. Sie kann modalitäts unspezifisch evoziert werden (Holcomb & Neville 1990) und tritt somit bei akustisch wie auch visuell präsentierten Stimuli mit einem semantischen Verstoß, wie z.B. „Sie ging in die Apotheke und kaufte sich ein Schnitzel“, auf. In diesem Beispiel ist das Wort „Schnitzel“ ein Verstoß gegen die semantische Erwartung, und verstärkt somit die N400 Amplitude. Die Höhe der

Amplitudenabweichung ist zusätzlich von der Stärke der Inkongruenz abhängig (Gerloff 2005). Das Wort mit dem Verstoß muss nicht am Ende des Satzes positioniert sein, doch da Aussagen in ihrem weiteren Verlauf immer konkreter werden, stellt ein Verstoß im späteren Verlauf der Aussage auch eine größere Inkongruenz dar und erzeugt dadurch eine größere Amplitudenverstärkung. Der N400 Effekt bei einem semantischen Verstoß konnte bei verschiedensten Sprachen wie z.B.: Niederländisch (Hagoort et al. 2003), Französisch (Magne et al. 2007) und auch nicht indoeuropäischen Sprachen wie z.B. Japanisch (Masuda et al. 2014) beobachtet werden und ist in Bezug auf die Sprachverarbeitung das am häufigsten untersuchte EKP. In Abbildung 9 ist eine N400 Amplitude evoziert mit dem klassischen Satz von Kutas und Van Petten (1994) dargestellt.



**Abb. 9:** Ein Beispiel der N400 Komponente durch einen semantischen Verstoß verursacht. Die drei Amplituden, erzeugt durch das letzte semantisch passende oder nicht passende Wort des Satzes, sind gekennzeichnet (Kutas & Van Petten 1994, p. 103).

Die N400 kann bei linguistischen Experimenten auf Satzebene wie auch auf Wortebene (Kutas & Federmeier 2000) aber genauso gut bei nicht linguistischen Stimuli evoziert werden (Kutas & Federmeier 2011). Hierbei scheint die Aufmerksamkeit ein wichtiger

---

Faktor zu sein, da es nicht evoziert wird, wenn auf die Präsentation des Stimulus nicht genügend geachtet wird (Bentin et al. 1995; McCarthy & Nobre 1993).

Beispielsatz unverändert und semantisch verändert aus dieser Arbeit um eine N400 auszulösen:

Ohne Verstoß:

„Obwohl Leopold seinen Kaffee nur mit Milch und Zucker trinkt, bestellte er diesmal Kandis.“

Mit Verstoß:

„Obwohl Leopold seinen Kaffee nur mit Milch und Zucker rudert, bestellte er diesmal Kandis.“

### **P600**

Die P600 ist eine weitere Komponente, die durch einen manipulierten Stimulus evoziert werden kann. Diese Komponente erscheint genauso wie die N400 bei der Sprachverarbeitung, nur wird diese nicht durch einen semantischen Verstoß ausgelöst, sondern durch einen syntaktischen Verstoß innerhalb eines Stimulus-Satzes. Im Folgenden ist ein Beispiel eines solchen Verstoßes aus dem Experiment in dieser Arbeit dargestellt.

Beispielsatz unverändert und syntaktisch verändert um eine P600 auszulösen:

Ohne Verstoß:

„Obwohl Leopold seinen Kaffee nur mit Milch und Zucker trinkt, bestellte er diesmal Kandis.“

Mit Verstoß:

„Obwohl Leopold seinen Kaffee nur mit Milch und Zucker trinken, bestellte er diesmal Kandis.“

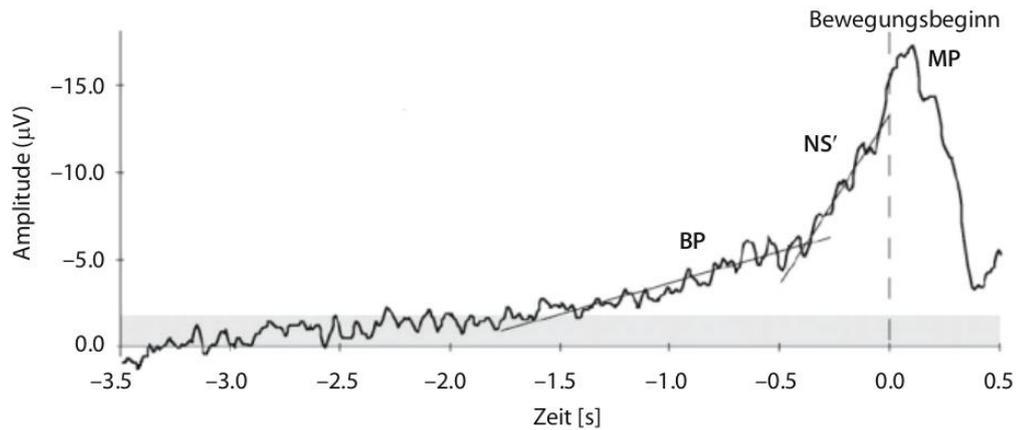
In diesem Beispiel ist das Verb „trinkt“ in „trinken“ verändert worden, welches somit syntaktisch nicht mehr zu dem Rest des Satzes passt. Ein solch syntaktischer Verstoß erzeugt eine P600 Komponente. Auch hier ist im Vergleich zu dem Beispiel von Kutas und Van Petten (1994, p. 103), der syntaktische Verstoß nicht am Ende des Satzes,

---

sondern innerhalb des Satzes. Im Gegensatz zu der N400 ist die P600 eine positive Amplitude. Sie beginnt etwa 500 ms und erreicht die Amplitudenspitze ungefähr 600 ms nach Beginn eines syntaktischen Verstößes, auf Grund wessen sie auch diesen Namen erhalten hat (Osterhout & Holcomb 1992). Sie wird auch bei Sätzen mit nur morpho-syntaktischen Verstößen aber auch bei garden-path Sätzen evoziert und wird daher der Reanalyse der syntaktischen Struktur zuerkannt (Friederici 1995). In dieser Arbeit wurden syntaktisch und semantisch manipulierte Stimuli verwendet und eine P600 wurde jeweils bei den syntaktisch veränderten Sätzen nachgewiesen und eine N400 wurde bei den semantisch veränderten Sätzen nachgewiesen.

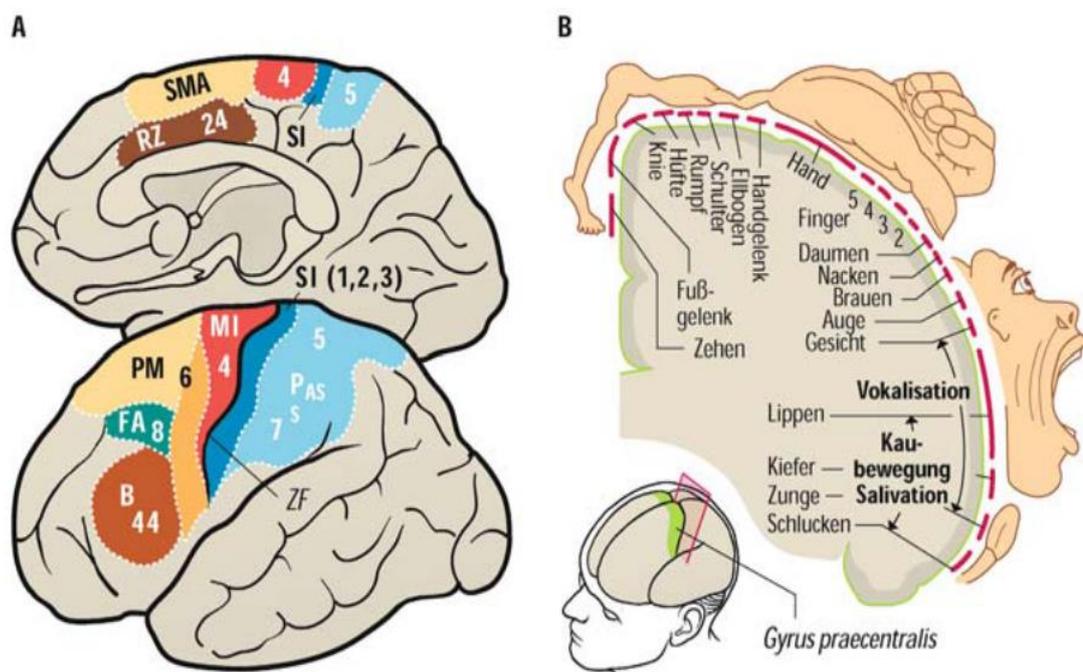
#### **4.3.2.1 Das Bereitschaftspotential (BP)**

Um die Prozesse der Antwortvorbereitung während des Turn-takings in ihrem Zeitverlauf untersuchen zu können, wurde in dieser Arbeit das Bereitschaftspotential (nachfolgend BP), als ein bewährtes neuronales Korrelat der Antwortvorbereitung verwendet. Es wurde zuerst von Kornhuber und Deecke (1965) als eine Aktivierung, welche einer willkürlichen z.B. Armbewegung vorausgeht, beschrieben. Dieses bedeutet, bei der Bewegung eines Armes lässt sich anhand einer EEG-Ableitung schon ungefähr 1 Sekunde vor Beginn der Bewegung ein BP in Form einer negativen Kurvendeflektion detektieren. Dabei ist die Stärke des Kurvenverlaufs bei komplexen oder schweren Bewegungen stärker, als bei einfachen Bewegungen (Gerloff 2005). Das BP lässt sich grundlegend in zwei Teile zerlegen, wovon der langsame Anstieg etwa 1500 ms vor Beginn der Bewegung den ersten Teil darstellt (Gerloff 2005). Ungefähr 500 ms vor Beginn der Bewegung nimmt die Steigung in dem zweiten Teil deutlich zu (Gerloff 2005), bevor sie von der negativen Spitze, kurz nach Beginn der Bewegung, wieder Richtung positiven Bereich fällt (siehe Abbildung 10).



**Abb. 10:** Das Bereitschaftspotential in drei Komponenten aufgeteilt. Die ersten beiden Komponenten sind mit einer Regressionslinie gekennzeichnet. Das eigentliche Bereitschaftspotential (BP), die sogenannte terminal negative slope (NS') und das Motorpotential (MP) (Gerloff 2005, p. 524).

Das BP ist am eindeutigsten (Kutas & Donchin 1974) und maximal (Deecke et al. 1969; Kornhuber & Deecke et al. 1965) an dem kontralateralen Motorkortex zu messen. Bei Beinbewegungen ist sie fast zentral und bei Handbewegungen weiter kontralateral, in der Region an der auch die Elektroden C3 und C4 nach dem 10/20-System (Jasper 1958) liegen, zu Messen (siehe Abbildung 11).



**Abb. 11:** In A kennzeichnet MI das Sensomotorische Repräsentationsfeld des primär-motorischen Kortexes innerhalb der menschlichen Hirnrinde. B. Somatotopische

---

Repräsentation und die kongruente Aufteilung des Motorischen Homuculus im primär-motorischen Kortex (Lehmann-Horn 2011, p. 174).

Das BP wurde vorher schon des Öfteren in Experimenten für die Untersuchung der Vorbereitung von Sprachproduktion verwendet (z.B. Galgano & Froud 2008; Grözing er et al. 1972; Grözing er et al. 1974; Grözing er et al. 1975), wobei in einzelnen Untersuchungen eine Lateralisierung kontralateral zu der dominanten Hand festgestellt wurde. Dieses konnte jedoch von Szirtes und Vaughan (1977), die sich unter anderem auf eine der genannten Untersuchungen beziehen, nicht repliziert werden. Van Turenout et al. (1998) demonstrierten, dass das BP auch sensibel auf motorische Vorbereitungen verursacht durch Sprachverarbeitung reagiert. In deren Experiment sahen niederländische Probanden in einem go/no-go task Bilder von Objekten. Bei Objekten, deren Benennung mit einem „B“ begann, sollten sie reagieren und bei Objekten, deren Benennung mit einem „S“ begann, sollten sie nicht reagieren. Zusätzlich war zu unterscheiden, dass die Probanden mit dem linken Zeigefinger reagieren sollten, wenn das Objekt genderspezifisch benannt wird und mit dem rechten Zeigefinger, wenn das Objekt nicht genderspezifisch benannt wird. Das Ergebnis dieses Experimentes war, dass syntaktische Informationen 40 ms vor phonetischen Informationen zur Verfügung stehen (Van Turenout et al. 1998). Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass das BP-onset ein gutes psychophysiologisches Maß für die Untersuchung von variierenden zeitlichen Prozessen der Sprachverarbeitung und deren Reaktion ist. In den Experimenten dieser Arbeit soll anhand genau dieser variierenden frühzeitigen Aktivität, die Antwortvorbereitung bei Fingerbewegung oder Artikulation untersucht werden.

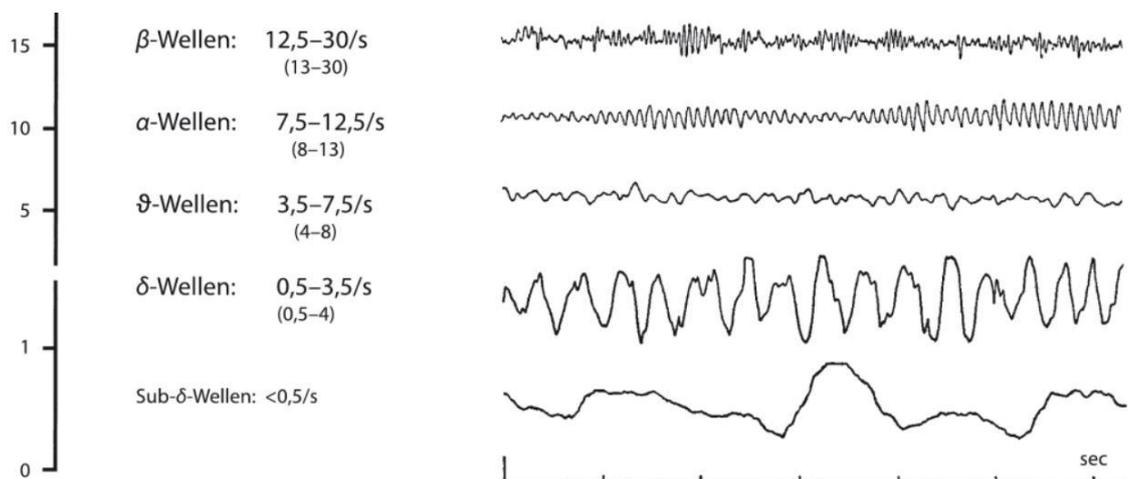
#### **4.3.2.2 Contingent negative variation (CNV)**

Ein zweites, an eine Bewegung gekoppeltes EKP, ist das CNV (Gerloff 2005). Es wird in dieser Arbeit erwähnt, da nicht auszuschließen ist, dass das analysierte EKP in dem angewandten Paradigma nicht nur aus einem BP besteht, sondern teilweise auch aus einer CNV bestehen kann. Eine CNV tritt bei einer Reaktion auf zwei aufeinanderfolgende Stimuli auf. Dabei wird nicht auf den erst Stimulus reagiert, denn dieser gibt nur einen Hinweis, dass als nächstes der zweite Stimulus folgen wird auf den reagiert werden soll. Schon Walter et al. (1964) zeigten, dass die CNV bei der Vorbereitung von motorischen Bewegungen wie auch Artikulationsbewegungen (Michalewski et al. 1977), abgeleitet

werden kann. Die CNV unterscheidet sich vom BP dahingehend, dass es nur bei einer externen Stimuli-Kombination von zwei aufeinanderfolgenden Stimuli getriggerten Bewegung abgeleitet wird (Gerloff 2005), während das BP auch bei willkürlichen selbstinitiierte Bewegungen abgeleitet wird. Das EKP eines einfachen Tastendrucks oder ein einfaches „Ja“, als Reaktion aus den ersten Telexperimenten dieser Arbeit, können teilweise aus einem CNV bestehen, während eine Vollständige artikulierte Antwort aus den späteren Telexperimenten eher ein BP erzeugt.

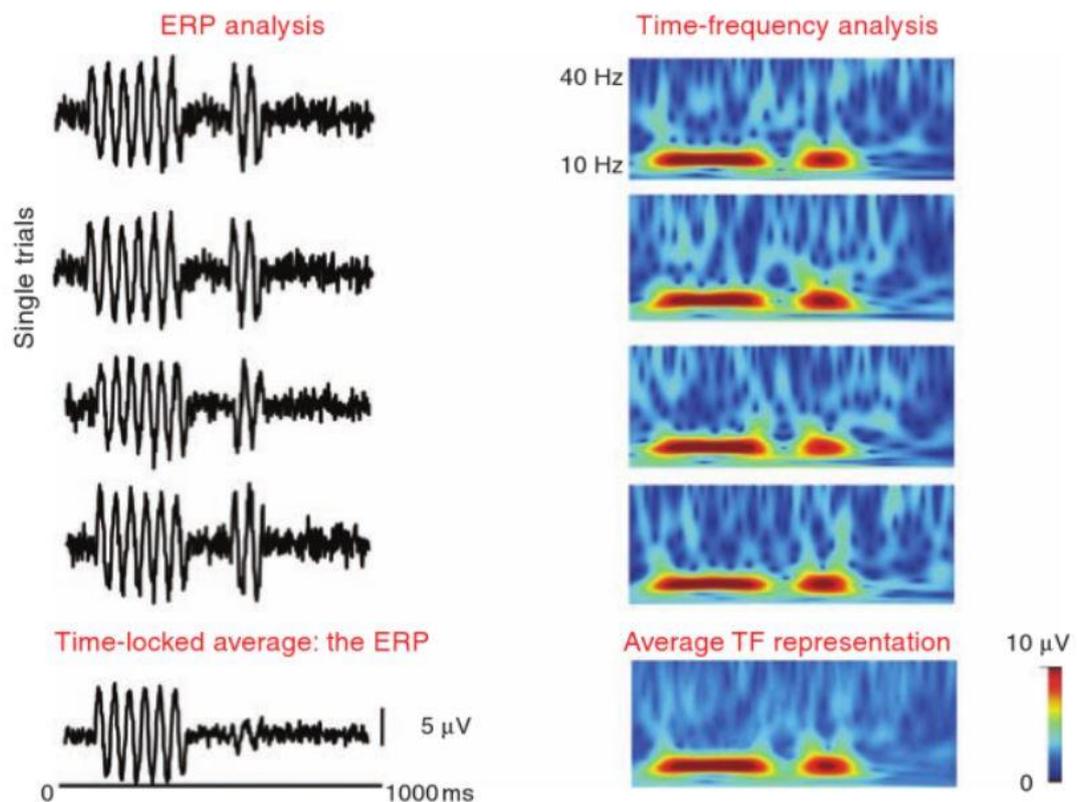
### 4.3.3 Frequenzselektive Antworten im EEG

Bei gewissen Bewusstseinszuständen oder kognitiven Prozessen treten gewisse Frequenzen, die mit Hilfe der Spektralanalyse erkennbar gemacht werden, konzentrierter auf. Daher werden diese Frequenzen in unterschiedliche Frequenzbänder aufgeteilt und den jeweiligen Bewusstseinszuständen oder kognitiven Prozessen zuerkannt. Diese Bewusstseinszustände können neben anderen z.B. Entspannung, Angst, hohe mentale Belastung, nach innen oder nach außen gerichtete Aufmerksamkeit oder Konzentration sein. Die Abbildung 12 beschreibt diese Frequenzbänder und deren Benennung.



**Abb. 12:** Die Bezeichnungen und Einteilung der verschiedenen Frequenzbereiche sind links angegeben und rechts sind Beispiele der Frequenzmuster eingezeichnet (Zschocke & Hansen 2002, p. 102, verändert).

Die Frequenzen in einem EEG-Signal werden mit Hilfe der Spektralanalyse untersucht. Hierbei können z.B. Veränderungen der Frequenzstärke mit der Poweranalyse oder kohärente Frequenzaktivitäten zwischen Neuronengruppen in verschiedenen Hirnarealen während der Sprachverarbeitung analysiert werden (Weiss & Müller 2003). Abbildung 13 zeigt ein vergleichendes Beispiel der EKP- und der einfachen *Time-frequency-Analyse*. Die in Telexperiment 3 verwendete *event-related spectral perturbation* (ERSP) Analyse ist eine Time-frequency-Analyse. Sie ist eine Art der Spektralanalyse und kann Aufschluss über Hirnaktivitäten geben, die bei einer EKP-Analyse nicht erkennbar sind. Hierbei werden genauso wie bei der EKP-Analyse stimulus-locked oder response-locked Segmente untersucht. Diese dürfen aber nicht phasen-locked zu der zu messenden Frequenz sein (Pfurtscheller & Lopes da Silva 1999), da dieses sonst das Ergebnis der Analyse verfälschen würde. Bei einem ERSP wird nicht wie im Gegensatz zum EKP die gemittelte Amplitude berechnet, sondern die Frequenzveränderung.



**Abb. 13:** Vier EEG-Einzelableitungen (links oben) gegenübergestellt zu vier Zeit-Frequenz-Darstellungen (rechts oben). Die zweite Wellengruppe ist nicht phasen-synchron und bleibt bei der Analyse nur bei der Zeit-Frequenz-Darstellung (rechts unten) erhalten (Bastiaansen et al. 2012, p. 33).

---

Wie in Abbildung 13 zu sehen ist, bleiben bei der EKP Analyse nur die phasensynchronen Wellen erhalten und werden bei der Mittelung sichtbar. Die nicht phasensynchronen Wellen werden hierbei herausgemittelt, welche hingegen nur bei der ERSP Analyse erhalten bleiben. Die Aktivität der Frequenzveränderung kann ein Ansteigen wie auch ein Abfallen in der Stärke der jeweils zu messenden Frequenz sein.

#### **4.4 Neuronale Korrelate des Turn-takings**

Bislang gibt nur sehr wenige Studien welche die neuronalen Korrelate in Bezug auf das Turn-takings bei gesprochener Sprache untersuchen. Die Untersuchungen, wie z.B. eine fMRI-Untersuchung von Redcay et al. (2010), beziehen sich meist nicht direkt auf den Sprecherwechselprozess, sondern lediglich auf die direkte soziale Interaktion und dessen neuronalen Korrelate. Des Weiteren ist es schwierig ein EEG ohne Störungen, verursacht durch die Artikulationsbewegungen, abzuleiten. Dumas et al. (2010) z.B. taten dieses bei Turn-taking Situationen die durch Gestik signalisiert wurde. Artikulationsbewegungen finden jedoch direkt am Schädel statt wo auch die EEG-Ableitung stattfindet. Das Broca und Wernicke Areal wurden zwar bei klinischen wie auch nichtklinischen Untersuchungen, als Netzwerke der Sprachverarbeitung und Sprachproduktion bereits ausführlich untersucht, doch andererseits gibt es auch mit der Antizipation assoziierte neuronale Korrelate, wie z.B. die Spiegelneuronen (Hari & Kujala 2009) und der posterior superior temporal Lappen (Hickok 2001; Hickok & Poeppel 2000). Jedoch wurden diese Untersuchungen und deren Ergebnisse nicht in eine konkrete Korrelation zum Prozess des Turn-taking bei gesprochener Sprache gesetzt.

Eins der ersten EEG-Experimente, in dem Turn-Antizipation bei gesprochener Sprache mit neuronale Korrelate in Verbindung gebracht wurde, war von Magyari et al. (2011). In dem EEG-Experiment, sollten die Probanden präzise in dem Moment eine Taste drücken, wenn ein Stimulus-Satz zuende ist. Hierbei fanden sie eine Desynchronisation der Beta-Wellen in dem superior frontal Gyrus schon kurz vor dem Tastendruck. Als Resultat waren sensomotorische Oszillationen ~10 Hz für 600 ms vor dem Turn-Wechsel, während sie noch zuhörten, vorübergehend verstärkt (Magyari et al. 2011). Diese Oszillationsveränderung wurde Vorbereitungsmechanismen für den eigenen nächsten Turn zuerkannt. In einem anderen kürzlich durchgeführten MEG-Experiment versuchten Mandel et al. (2016) herauszufinden, wie kortikale Frequenzen, während einer

---

Unterhaltung zwischen zwei Interaktanten, moduliert sind. Hierbei wurde ein MEG von zwei Interaktanten simultan aufgezeichnet, um die sensomotorische Oszillation von Sprecher und Zuhörer zu unterscheiden. Diese fanden sogar Oszillationsveränderungen bei ~10 Hz um 1000 bis 2300 ms vor dem Turn-Ende des Gesprächspartners (Mandel et al. 2016).

Aufbauend auf Teilen den Untersuchungen von Schaller (2012), soll in den Experimenten dieser Arbeit die Reaktionsvorbereitung auf ein Satzende mit Hilfe des EEGs untersucht werden. Die Aufgaben der Probanden ähneln sich und auch die Stimuli-Sätze sind von der linguistischen Verarbeitung miteinander vergleichbar. Im Gegensatz zu der Untersuchung von höher kognitiven psychophysiologischen Korrelaten der Antizipation ist die Analyse des BPs eines Tastendrucks während der Turn-Antizipation und auch der Artikulation während des Turn-takings eher rudimentär und eine Erweiterung behavioraler Untersuchungen. Jedoch weisen variierende BP-onsets auf abweichende Antizipationsleistungen hin, da sie auch unbewusste Vorbereitungsprozesse der Infolgehandlung anzeigen. Die meisten Turn-taking Experimente untersuchen die Dauer der Pausen oder Überlappungen der aufeinander folgenden Turns, welche nur das bewusste Verhalten widerspiegeln. Ähnliche, nicht signifikant abweichende RTs zwischen verschiedenen Konditionen können aber unterschiedlichen Antizipationsleistung unterliegen, welche mit einer schnelleren oder langsameren RT kompensiert werden. In den EEG-Experimenten in dieser Arbeit soll nun das BP verwendet werden, um diese Abweichungen der Antizipationsleistung, die in behavioralen Experimenten nicht nachgewiesen werden können, zu untersuchen.

## **5. Material und Methoden**

Neben der Wiedergabe der zu den Fragestellungen relevanten Literatur stellt die experimentelle EEG-Untersuchung der Turn-Antizipation und des Turn-takings den Hauptteil dieser Arbeit dar. In diesem Kapitel wird das Stimulus-Material, die Probanden sowie der Versuchsaufbau und die Durchführung aller fünf Telexperimente beschrieben. Im letzten Teil dieses Kapitels wird die Analyse und die Auswertung der erhobenen Daten beschrieben.

---

## 5.1 Stimuli

Die Stimulus-Sätze wurden von einer professionellen Sprecherin (30) mit normaler Intonation in einem Tonstudio der Universität Bielefeld gesprochen. Alle Sätze wurden mit einer Silbenanzahl von 400 bis 450 pro Minute gesprochen. Die Abtastrate der Aufnahme betrug 44,1 kHz und wurde in einer unkomprimierten Datei mit 16 Bit gespeichert. Danach wurden die Stimuli mit dem Programm Audacity (2.0.6) unter Linux (Debian 6.0) geschnitten und in mono in einzelne \*.wav Dateien gespeichert. Anschließend wurden die Satzanfänge und Satzenden ein- und ausgeblendet und die kritischen Momente für die spätere Triggersetzung ausgemessen. Im Folgenden werden die Stimuli der fünf Teilexperimente beschrieben.

### 5.1.1 1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation

Die 88 Stimuli aus dem ersten Teilexperiment bestanden aus 45 Fragesätzen und 43 Aussagesätzen. Die durchschnittliche Länge der Sätze betrug 4038 ms und variierte zwischen 1300 ms und 6643 ms. Die Stimulus-Sätze bestanden durchschnittlich aus 12,11 Wörtern und variierten zwischen 3 und 22 Wörtern. Auf die Fragesätze aus dem ersten Block sollten die Probanden mit einem „Ja“ reagieren. Auf die Aussagesätze aus dem zweiten Block sollte mit einem Tastendruck reagiert werden.

Beispielsätze der beiden Konditionen:

Fragesatz:

„Gefällt Ihnen das Studium in Bielefeld?“

Aussagesatz:

„Maria setzte sich auf den Sessel und betrachtete die Katze.“

## 5.1.2 2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation

In diesem Experiment wurden 184 Sätze akustisch dargestellt, von denen die 69 kritischen Sätze der drei Konditionen unter psycholinguistischen Kriterien gematched wurden. Eine deskriptive Statistik der Stimulus-Längen ist in Tabelle 1 zu finden. Die manipulierte Variable, als zentrales Kriterium dieser Untersuchung war, dass in 23 Sätzen ein syntaktischer Verstoß, in 23 Sätzen ein semantischer Verstoß und in den 23 intakten Kontrollsätzen kein Verstoß vorhanden war. Die kritischen Wörter sind in den untenstehenden Beispielen unterstrichen.

Beispielstimuli mit dem jeweils korrekten oder semantisch bzw. syntaktisch veränderten Verb (unterstrichen):

Kontrolle:

„Der Pfarrer hatte stets dreimal die Glocke geläutet bevor er zum Essen ging.“

Syntax:

„Der Pfarrer hatte stets dreimal die Glocke läuten bevor er zum Essen ging.“

Semantik:

„Der Pfarrer hatte stets dreimal die Glocke gegrinst bevor er zum Essen ging.“

Distraktor:

„Selbst die Großeltern hatten auf dem Jahrmarkt eine Menge Spaß.“

**Tabelle 1:** Übersicht der deskriptiven Statistik der Stimulus-Längen der drei Konditionen und der Distraktor Sätze (Wesselmeier et al. 2014, p. 4, verändert).

	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Kontrolle	4472,7	3287	5619	619,8
Syntaktisch	4483,0	3485	5688	680,1
Semantisch	4447,3	3618	5803	702,6
Distraktor	3513,7	1300	6643	1112,5

Für dieses Telexperiment wurden die Stimuli mit einem Latin Square Design in 3 Gruppen aufgeteilt, damit die Probanden von jedem Satz nur eine Variante präsentiert bekamen. Hierzu wurden auch die Probanden in 3 Gruppen aufgeteilt, wovon jede Gruppe nur eine Gruppe der Stimuli präsentiert bekommen hat.

Die Zeitintervalle vom Ende des kritischen Wortes bis zum Satzende variierten von 863 ms bis zu 2123 ms. In Tabelle 2 sind diese Intervalle der drei Gruppen in einer deskriptiven Statistik zusammengefasst. Diese Intervalle der drei Gruppen waren nicht statistisch signifikant unterschiedlich.

**Tabelle 2:** Übersicht der deskriptiven Statistik: Stimulus-Länge vom Ende des kritischen Wortes bis Satzende (Wesselmeier et al. 2014, p. 4, verändert).

	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Kontrolle	1348,6	885	1871	285,8
Syntaktisch	1385,0	876	2123	301,2
Semantisch	1371,0	863	2038	292,0

### 5.1.3 3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort

Die Stimuli in diesem Telexperiment bestanden aus 25 Fragesätzen und 20 Aussagesätzen. Diese variierten von 1300 ms bis 6643 ms. Tabelle 3 zeigt die deklarative Statistik der Stimulus-Längen. Auf die Fragesätze sollten die Probanden jeweils mit einer kurzen Antwort reagieren und auf die Aussagesätze mit einem „Ja“ zum Ende des Satzes.

Beispielsätze der beiden Konditionen:

Fragesatz:

„Schmeckt ihnen das Essen in der Mensa?“

Aussagesatz:

„Blumen wachsen schnell, wenn sie genügend Wasser bekommen.“

**Tabelle 3:** Übersicht der deskriptiven Statistik der Stimulus-Längen der beiden Konditionen.

	N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Fragesätze	25	3989,4	1300	6643	1421,5
Aussagesätze	20	3569,0	1889	4787	837,3

#### 5.1.4 4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points

In diesem Telexperiment wurden 25 Sätze akustisch präsentiert. 13 Stimuli bestanden aus Sätzen mit nur einem syntaktischen completion point am Ende des Satzes. Die 12 anderen Stimuli bestanden aus Sätzen, die einen syntaktischen completion point innerhalb des Satzes und einen zweiten syntaktischen completion point am Ende des Satzes hatten. Tabelle 4 beschreibt die deskriptive Statistik der Stimulus-Längen der beiden Konditionen.

**Tabelle 4:** Übersicht der deskriptiven Statistik der Stimulus-Längen der beiden Konditionen.

		N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Alle		25	3989	1300	6643	1421
CP	ein	13	3213	1300	5755	3213
	zwei	12	4829	2788	6643	4829

Beispielsätze mit einem und zwei syntaktischen completion point für die Beantwortung der Fragen. Die möglichen syntaktischen CP sind mit einem „#“ gekennzeichnet.

Mit nur einem syntaktischen CP am Ende des Satzes:

„Müssen Sie neben dem Studium arbeiten gehen?“ #

Mit einem möglichen syntaktischen CP innerhalb und einem am Ende des Satzes.

„Wohnen Sie alleine # oder in einer WG?“ #

### 5.1.5 5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation

Die Stimuli in diesem Teil des Experiments sind identisch mit denen in Telexperiment 4. Nur wurde hierbei eine andere Sortierung der Events für die Analyse vorgenommen. Genauso wie in Telexperiment 4, beträgt die durchschnittliche Satzlänge der Stimuli 3989 ms, welches in Tabelle 5 auch für die beiden Konditionen als deskriptive Statistik beschrieben ist.

**Tabelle 5:** Deskriptive Statistik der Satzlängen der Stimuli beider Konditionen.

		N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Alle		25	3989	1300	6643	1421
Cognitive load	low	13	3675	1300	6643	1604
	high	12	4329	2765	6260	1164

Beispielsätze mit geringen und erhöhten cognitive load für die Beantwortung der Fragen. Fragen der „low cognitive load“ Kategorie führen zu keiner Verzögerung der Antwort und Fragen der „high cognitive load“ Kategorie führen zu einer Verzögerung der Antwort.

Ohne Verzögerung:

„Haben Sie schon mal eine Veranstaltung aus Desinteresse abgebrochen?“

Mit Verzögerung:

„Sehen Sie im neuen Bachelor/Master-system eine Verbesserung?“

### 5.1.6 Kodierung der Stimuli und Reaktionen

Das Stimulus-Material wurde kodiert, damit die zur Analyse notwendigen Trigger vom Stimuli-Präsentationsprogramm zum EEG-Recorder geschickt werden konnten. Dieses ist erforderlich, um in der späteren Analyse die Zeitpunkte der kritischen Events eindeutig

identifizieren und unterscheiden zu können. Hierfür wurden mit einer dreistelligen Kodierung die Marker zugeteilt (siehe Tabelle 6). Jeder Satzanfang und jedes Satzende wie auch Anfang und Ende der kritischen Wörter wurden mit einem Trigger versehen. Auch der Anfang jeder Reaktion, ob durch Tastendruck, verbalem Stichwort oder Antwort, wurden markiert. Hierdurch war es möglich, jede beliebige Kombination von Stimulus-Anfang, Stimulus-Ende und jeden kritischen Moment im Satz sowie der Reaktionen in der Analyse miteinander zu vergleichen.

**Tabelle 6:** Beispiel der Kodierung aus Teilexperiment 2.

	Satzanfang	Anfang Kritisches Wort	Ende Kritisches Wort	Satzende	Antwort
Kontrolle	000	010	020	030	040
Syntaktisch	001	011	021	031	041
Semantisch	002	012	022	032	042

## 5.2 Die Probanden

An dem Experiment nahmen 30 Probanden teil (17 Frauen und 13 Männer). Die Rekrutierung erfolgte über den Aushang von Flyern an der Universität Bielefeld, die Studierende zur Teilnahme an einem EEG-Experiment zur Untersuchung der Sprachverarbeitung einluden. Interessenten konnten per E-Mail Kontakt zu den Experimentatoren aufnehmen oder sich über einen QR-Code und dazugehöriger Doodle-Liste zu einem Termin eintragen. Die Voraussetzungen für die Teilnahme an dem Experiment waren: Muttersprache deutsch, monolingual und Rechtshänder. Ausschlusskriterien waren: beeinträchtigt Hörvermögen, akute Psychopharmaka-Medikation oder anderen bewusstseinsverändernden Substanzen und neurologische Erkrankungen. Alle Probanden erfüllten die Kriterien und waren in einem Alter von 19 bis 35 Jahren ( $\bar{M} = 24,5$  Jahre  $\pm 3,5$  Jahre). Nach dem ca. 1,5 stündigen Experiment wurden die Probanden mit 15 Euro entlohnt.

---

## **5.3 Versuchsdurchführung**

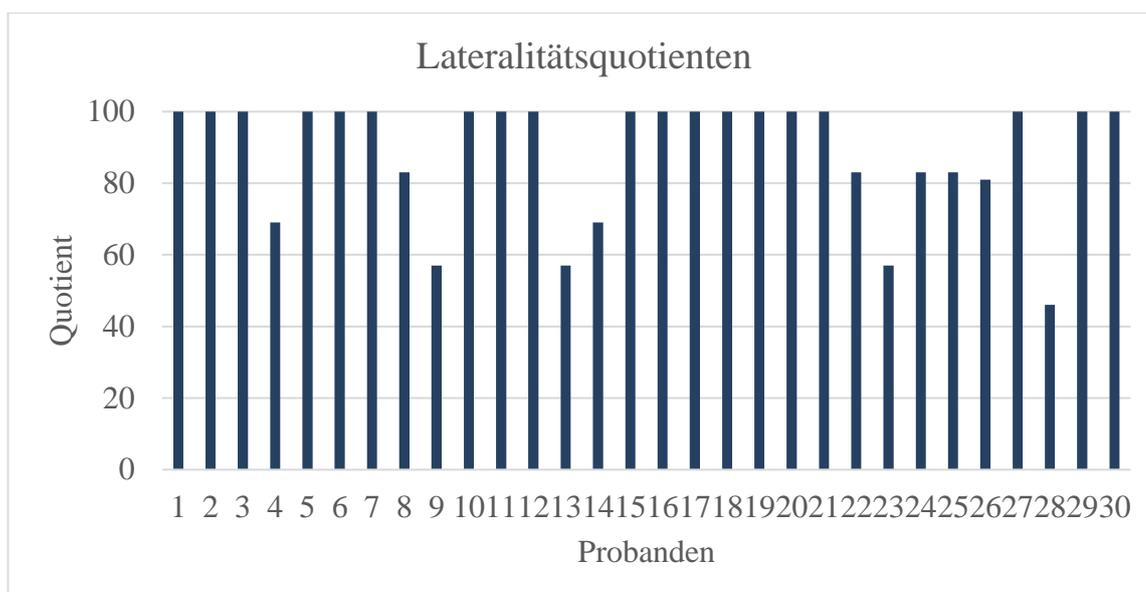
Die Versuchsdurchführung fand im EEG-Labor der Arbeitsgruppe Experimentelle Neurolinguistik der Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaften der Universität Bielefeld statt. Die Untersuchung dauerte pro Proband ca. 1,5 Stunden. Die Vorbereitung dauerte ca. 30 Minuten, das eigentliche Experiment ca. 45 Minuten und die Nachbereitung nochmal ca. 15 Minuten.

### **5.3.1 Vorbereitung**

Nach dem Eintreffen der Probanden und deren Einführung wurden zunächst eine Befragung zu den persönlichen Daten für die Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien sowie eine Händigkeitbefragung (Oldfield 1971) durchgeführt. Der vollständige Fragebogen zu den persönlichen Daten inklusive des Händigkeitsfragebogens befindet sich im Anhang. Die Hörfähigkeit war bei allen Probanden normal und es bestand bei keinem eine neurologische Auffälligkeit (Befragung).

### **5.3.2 Händigkeit der Probanden**

Die Befragung zur Händigkeit war in diesem Experiment wichtig, da eine abweichende Händigkeit eine abweichende Hemisphärendominanz der Hirnhälften bedeuten kann. Durchschnittlich ergab die Händigkeitbefragung einen Lateralisierungsquotienten für Rechtshändigkeit von 88,9, welches auf eine linkshemisphärische Sprachdominanz hindeutet. Die Lateralitätsquotienten sind in Abbildung 14 für die einzelnen Probanden aufgeführt. Dieser wurde mit den folgenden Schritten berechnet. Zuerst wurden die von den jeweiligen Probanden summierten Punkten der linken Hand von den summierten Punkten der rechten Hand subtrahiert. Dieser Wert wurde dann durch die Summe der Punkte von beiden Händen dividiert. Letztlich wurde dieser Wert mit 100 Multipliziert und ergab dann den Lateralitätsquotienten des jeweiligen Probanden (Oldfield 1971). In der Befragung gaben alle Probanden an Rechtshänder zu sein.



**Abb. 14:** Die Verteilung der Händigkeits-Lateralitätsquotienten aller 30 Probanden.

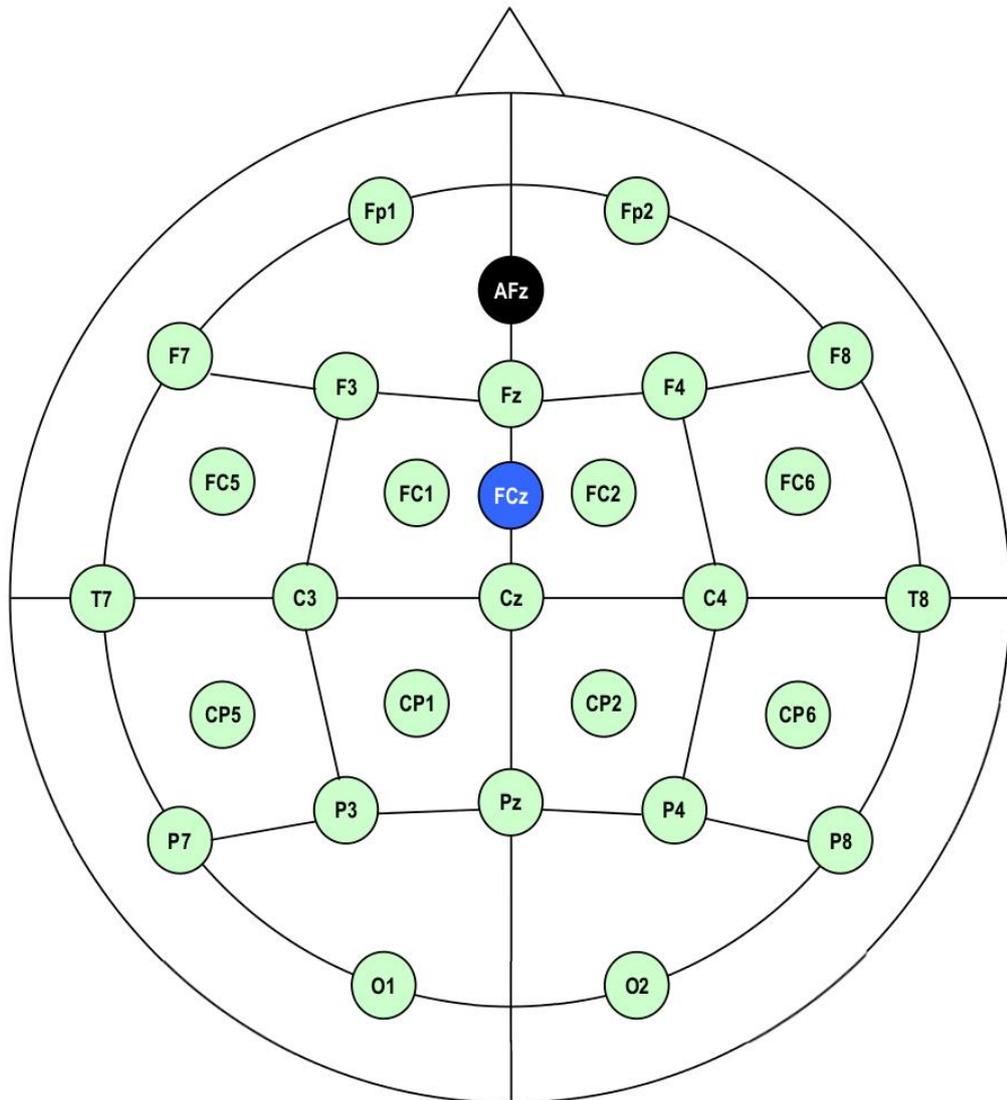
### 5.3.3 Die EEG-Ableitung

Als Vorbereitung für die EEG-Ableitung wurde der Kopfumfang des Probanden gemessen, um die richtige Größe der Elektrodenhaube bestimmt zu können, welches die Passgenauigkeit der EEG-Elektrodenhaube sicherstellt. Vor dem Aufsetzen der Elektrodenhaube wurden die Regionen für die Augen- und Ohr-Elektroden mit einem Gesichtswasser gereinigt. Daraufhin wurde für die Applikation der Elektroden die Elektrodenhaube positioniert und mit einem Kinnriemen befestigt. Um eine relative einheitliche Positionierung der Elektroden zu gewährleisten, wurde die Elektrodenhaube nach dem Aufsetzen, gemäß den 10 Prozent vom Nasion zur ersten frontalen Elektrode und vom Inion zur letzten okzipitalen Elektrode, korrigiert.

#### 5.3.3.1 Elektrodenapplikation

Für die Signalableitung wurde eine actiCAP (Elektrodenhaube) von BrainProducts Inc. mit 32 Elektroden, die nach dem internationalen 10/20-System (Jasper 1958) positioniert wurden, verwendet. In diesem Experiment wurde eine leicht abgewandelte Version des 10/20-Systems verwendet. In Abbildung 15 sind die Elektrodenplatzierungen schematisch dargestellt. Die Positionierung der Elektroden ist unverändert, jedoch wurden die Elektroden TP9, TP10 und Oz für die Erfassung der elektrookulographischen

Aktivität verwendet. Horizontale Augenbewegungen wurden mit jeweils einer Elektrode (hEOG) neben dem rechten und linken Auge registriert, vertikale Augenbewegungen wurden mit jeweils einer Elektrode (vEOG) über und unter dem rechten Auge registriert. Die Elektroden, die normalerweise an den Positionen PO9 und PO10 platziert sind, wurden als Ground für eine mögliche Rereferenzierung an beiden Ohren (A1 und A2) an den Ohrfläpchen befestigt.



**Abb. 15:** Angepasste schematische Darstellung der Elektrodenposition nach dem 10/20-System. (Gnd) ist die Potentialsausgleichselektrode und (Ref) ist die Referenzelektrode (Brain Products 2006, umgezeichnet).

In Abbildung 16 ist zu sehen, wie nach der Positionierung der Elektrodenhaube und der Elektroden-Applikation alle Elektroden mit Hilfe einer Spritze und einer stumpfen

Kanüle mit ECI Electro-Gel befüllt wurden. Um eine gewünschte Leitfähigkeit von unter  $5\text{ k}\Omega$  zu erreichen, wurde die Kopfhaut mit der Kanüle mechanisch angeraut.



**Abb. 16:** Versuchsvorbereitung: Das Befüllen der Elektroden mit Elektrodengel nach der Positionierung der Elektrodenhaube und Elektroden-Applikation.

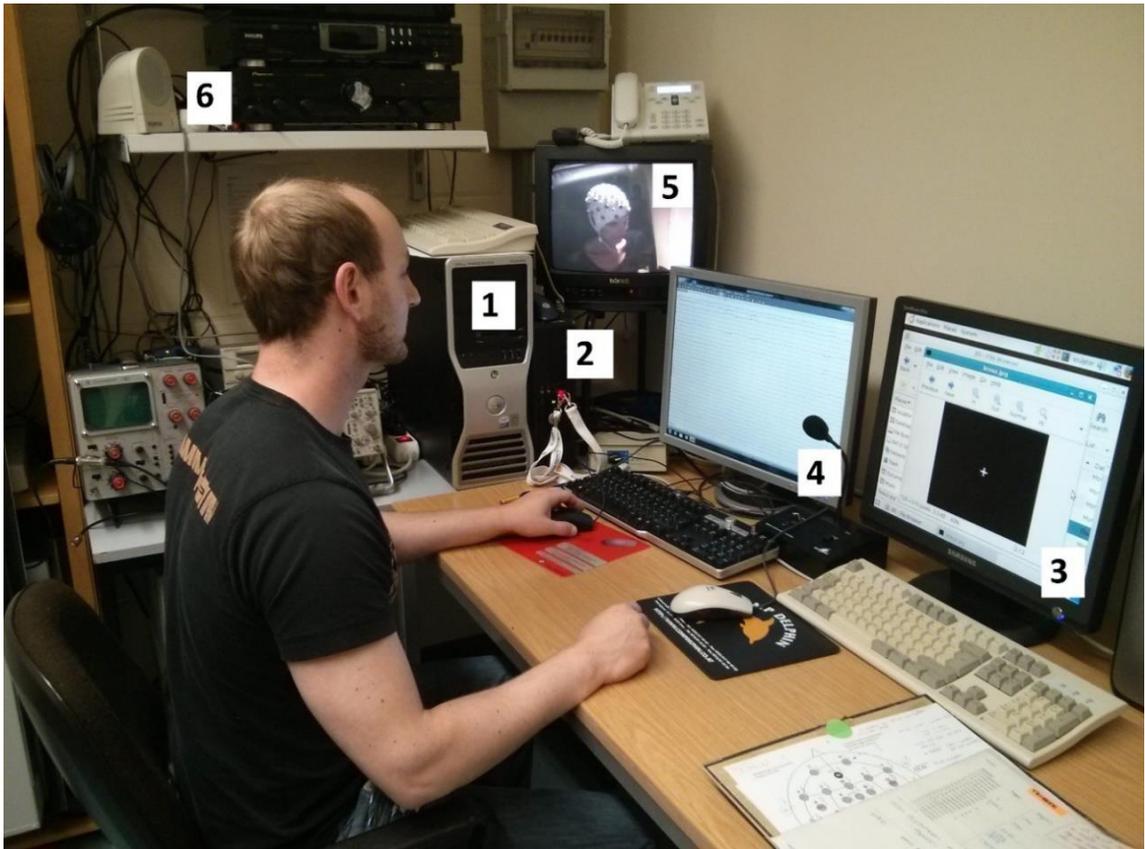
### 5.3.3.2 Stimulus-Präsentation

Die Stimulus-Präsentation wurde mit einem auf Linux basierenden Programm (Sculptor) der AG Experimentelle Neurolinguistik der Universität Bielefeld durchgeführt. Mit diesem Programm ist es möglich, akustische Stimuli, statische visuelle Bilder sowie Videos wiederzugeben. Die Stimuli wurden über zwei Stereo-Lautsprecher mit einer Lautstärke von 55 bis 60 dB präsentiert. Die Lautsprecher befanden sich vor dem Probanden links und rechts neben einem 15 Zoll Flachbildschirm. Der Geräuschpegel bei Stille in der Kammer lag bei  $\approx 30\text{ dB}$ . Zur Vermeidung von Augenbewegungen während der Verarbeitung der Stimuli wurde in der Bildschirmmitte ein weißes Fixationskreuz auf schwarzen Grund präsentiert. Das Fixationskreuz befand sich, je nach Größe des

Probanden, in einem optischen Winkel von 0,2 bis 3,8 Grad zu der Augenhöhe der Probanden. Zwischen den Stimuli wurde für 2 Sekunden ein schwarzes Bild gezeigt, welches von dem Fixationskreuz wieder abgelöst wurde. Nach Erscheinen des Fixationskreuzes wurde nach einem pseudo-randomisierten Intervall von 1 bis 3 Sekunden der akustische Stimulus präsentiert. Um die Stimuli nicht akustisch anzukündigen, wurde die „Atmo“ innerhalb von 700 ms vor der Sprache eingeblendet und nach den Stimuli ausgeblendet. Zwei Sekunden nach Ende der Sprache wurde das Fixationskreuz ausgeblendet und das schwarze Bild wurde wieder für weitere 2 Sekunden gezeigt.

### **5.3.3.3 EEG-Aufnahmeprogramm**

Vom EEG-Verstärker (QuickAmp, Brain Products) wurden die Daten auf einem, mit der BrainVision Recorder (Version 1.2) Software der Firma Brain Products (München) versehenen, Rechner mit Windows 7 (32 bit) aufgezeichnet. Die Abtastrate betrug 1000 Hz und als Filtereinstellungen wurden ein Lowpass-Filter von 80 Hz, ein Highpass-Filter von 0,159 Hz und ein Notch-Filter von 50 Hz gewählt. Die folgende Abbildung 17 zeigt den Versuchsleiter während der Ableitung. Hierbei wurden die Stimulus-Präsentation und die EEG-Aufnahme überwacht. Laute störende Geräusche oder starke Bewegungen des Probanden wurden online in der EEG-Aufnahme markiert, um sie später auf mögliche Artefakte untersuchen zu können.



**Abb. 17:** Der Versuchsleiter während der Durchführung des Experiments bei der Überwachung der EEG-Ableitung. 1) Präsentationsrechner, 2) EEG-Aufnahmerechner, 3) Kontrollmonitor der Stimuli Präsentation, 4) Kontrollmonitor der EEG-Aufnahme, 5) Kontrollmonitor zeigt Proband in der Kabine, 6) Kontrollmonitor der Akustik innerhalb der Kammer.

Die Trigger des Präsentationsprogramms wurden über den Standard Parallel-Port von dem Präsentationsrechner an den Rechner des EEG-Rekorders übertragen. Vortests der Triggerübermittlung vom Präsentationsprogramm zum EEG-Rekorder ergaben eine nicht-systematische Verzögerung der Trigger von bis zu 4 ms bei einem Mindestabstand der Trigger von 50 ms, der nicht unterschritten wurde. Auch der Tastendruck, als Antwort der Probanden mit Hilfe eines prellfreien Tasters, wurde direkt an den EEG-Rekorder übermittelt. Die Akustik in der Kammer wurde simultan zum EEG aufgenommen. Die Teile des Experiments, die eine verbale Reaktion erforderten, wurden ausgemessen und die Momente der Reaktion nachträglich in den EEG-Daten markiert.

### 5.3.4 Aufgaben der Probanden

Die EEG-Ableitung selbst wurde in einer schallreduzierten und elektromagnetisch abgeschirmten Kammer durchgeführt. Nachdem sich die Probanden in der Kammer auf einem Fernsehsessel hingesetzt haben (siehe Abbildung 18) und die EEG-Elektrodenhaube an den Verstärker angeschlossen wurde, wurde ihnen ihre Aufgabe für das Experiment erklärt. Zusätzlich bekamen sie einen Taster, auf den sie den Zeigefinger ihrer dominanten Hand legten. Ihnen wurde gesagt, dass sie jetzt eine Reihe von Blöcken mit akustisch präsentierten Sätzen bekommen. Kurz vor jedem Block wurden sie neu instruiert, welche Aufgabe sie dafür durchzuführen haben. Für verbale Antworten sollten sie einfach mit normaler Stimme in den Raum sprechen. Für Reaktionen, die einen Tastendruck erforderten, sollten sie den dafür zuvor platzierten Taster verwenden. Jeder Satz wurde vorher von einem Fixationskreuz angekündigt. Die Probanden wurden auch darauf hingewiesen, dass nicht alle Sätze intakt sind.



**Abb. 18:** Proband im Sessel während der EEG-Ableitung in der schallreduzierten Kammer.

#### **5.3.4.1 1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation**

Die Aufgabe der Probanden in dem ersten Teilexperiment war es, in dem ersten Block auf die Fragen mit einem einfachen verbalem „Ja“ zu reagieren. Im zweiten Block wurden die Probanden gebeten an, jedem Satzende der Aussagesätze eine Taste zu drücken. In beiden Konditionen sollte so schnell wie möglich reagiert werden.

#### **5.3.4.2 2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation**

Die Aufgabe in diesem Teil des Experiments war, bei jedem Satz die gleiche Reaktion in Form eines Tastendruckes zu produzieren, unabhängig davon, ob der Satz korrekt oder nicht korrekt war. Den Probanden wurde gesagt, dass sie so präzise wie möglich zum Ende jeden Satzes die Taste drücken sollen. Sie sollten nicht abwarten, bis der Satz zu Ende gesprochen war und darauf reagieren, sondern sie sollten genau dann die Taste drücken, wenn sie das Ende des Satzes erwarten/antizipierten.

#### **5.3.4.3 3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort**

In dem ersten Block dieses Teilexperiments, bei dem nur Aussagesätze als Stimuli präsentiert wurden, war die Aufgabe der Probanden, mit einem „Ja“ zu reagieren, sobald der Aussagesatz beendet war. In dem zweiten Block wurden Fragen als Stimuli präsentiert, auf welche die Probanden mit einer kurzen artikulierten Antwort reagieren sollten. Unabhängig von der Aufgabe, sollte in beiden Konditionen ohne Zögern gehandelt werden.

---

#### **5.3.4.4 4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points**

Die Aufgabe in diesem Teil des Experiments war es, auf Stimuli in Form von Fragen eine artikulierte Antwort zu geben. Hierbei sollten sie eine zügige und kurze Antwort geben. Den Probanden wurde zusätzlich gesagt, dass nur die Reaktionszeit aufgenommen wird und nicht die Antwort selbst. Dieses wurde mitgeteilt, um zu vermeiden, dass die Probanden überlegen, ob eine jeweilige Antwort angebracht ist oder bewertet wird.

#### **5.3.4.5 5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation**

Die Aufgabe der Probanden in diesem Teil des Experiments war die gleiche wie in Experiment Teil 4. Nur wurde hierbei eine andere Sortierung der Events für die Analyse vorgenommen.

### **5.4 Auswertung und Analyse**

Die Datenverarbeitung wurde nach der Erhebung aller Daten für jedes Telexperiment separat durchgeführt. Im den folgenden Abschnitten werden die Analyse der behavioralen und psychophysiologischen Daten sowie deren statistische Verarbeitung beschrieben.

#### **5.4.1 RT- und Anticipation Timing Accuracy (ATA)-Analyse**

Für jeden Probanden wurden aus den EEG-Daten die Marker-Zeiten der Stimuli und der Reaktion in eine Excel-Datei exportiert. Daraufhin wurden die Daten nach den zu untersuchenden Kriterien sortiert und in eine Tabelle für alle Probanden zusammengeführt. Diese Excel-Tabelle konnte wiederum in SPSS (Version 20) für die statistische Analyse importiert werden. Für jede Kondition der Telexperimente wurde eine deskriptive Statistik erstellt. Werte aus den Daten, welche die zweifache Standardabweichung über- oder unterschritten haben, wurden als Ausreißer von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Nur in Telexperiment 5, in welchem die RT als Faktor

---

für die Einteilung in die zwei Gruppen (high/low cognitive load) genommen wurde, sind die Ausreißer an dem vorher festgelegten Wert von 250 ms entfernt worden. Daraufhin wurde eine zweite vollständige deskriptive Statistik erstellt, welche in den jeweiligen Ergebnissen der Teilerperimente präsentiert wird. Diese Werte wurden für die weitere Analyse wie (z.B. eine ANOVA) in den Teilerperimenten verwendet, die auch in den dazugehörigen Absätzen präsentiert werden.

### 5.4.2 EEG-Analyse

Die EEG-Analyse für das erste Teilerperiment erfolgte mit der Software Brain Vision Analyzer 2.0 (Brain Products) unter Windows 7. Für Teilerperiment 2 bis 5 erfolgte die EEG-Analyse mit Hilfe von EEGLAB (Version 10.2.5.8b), eine open source toolbox (Delorme & Makeig 2004; Delorme et al. 2007), implementiert in Matlab R2010a (The Mathworks). Hierzu wurden die Rohdaten in EEGLAB importiert. Als erstes wurden für die Vorbereitung der Analyse, die vorher ausgemessenen Reaktionszeiten der Artikulation als Reaktion in den EEG-Daten markiert. Dieser Datensatz konnte mit EEGLAB analysiert werden aber wurde für die Analyse mit der Brain Vision Analyzer Software wieder in das entsprechende Format konvertiert. Nach der Rereferenzierung (Lehmann 1987) zu dem Durchschnitt aller Elektroden außer hEOG und vEOG, wurden die Daten nach den Kriterien des jeweiligen Teilerperimentes segmentiert. Die Intervalle der Segmentierungen variierten zwischen den Teilerperimenten, um eine ideale Darstellung der jeweiligen EKPs zu erzeugen. Die darauffolgende Artefaktzurückweisung wurde mit vordefinierten Kriterien semiautomatisch durchgeführt. Hierbei wurden bei dem Gradienten als Kriterium die Segmente ausgewählt, in denen die Spannungsunterschiede zwischen zwei vordefinierten Zeitpunkten zu stark voneinander abweichen und bei dem Maximum-Minimumkriterium die Segmente ausgewählt, in denen eine festgelegte Spannung positiv wie auch negativ überschritten wurde. Mit dem Amplitudenkriterium wurde die Segmente ausgewählt, in denen anormale Amplituden wie Muskelartefakte oder Baselineshifts vorkommen.

Alle zur Verwerfung markierten, wie auch die nicht markierten Segmente wurden visuell inspiziert, um eine Verwerfung der markierten Segmente zu bestätigen und fälschlich nicht markierte Segmente mit zu verwerfen. Nur für Experiment 4 und 5 wurde die automatische *independent component analysis* (ICA) für die Artefakt-Verwerfung

---

verwendet (Jung et al. 2000; Jung et al. 2000). Die verbliebenen Segmente wurden daraufhin separat von den Konditionen hinsichtlich der zu untersuchenden Kriterien für jeden Probanden einzeln als Average gemittelt. Diese Averages wurden wiederum der jeweiligen Kondition nach in einem Grand-Average gemittelt.

Für die Bestimmung des BP-onsets in Teilexperiment 1 und 2 wurde die segmented Regression Methode (Schwazenau et al. 1998) verwendet. Hierbei wurde für die in den Ergebnissen dargestellten Abbildungen ein Grand-Average für die Elektrode C3 erstellt, welche für eine bessere Darstellung mit einem 6 Hz lowpass gefiltert wurde. Mit dem, der jeweiligen Kondition, zugrundeliegenden Kurvenverlauf wurden zwei Regressionslinien ermittelt. Dieses Verfahren wird auch von Mordkoff und Gianaros (2000) unterstützt. Die erste Regressionslinie wird von dem Kurvenverlauf vor dem BP-onsets bestimmt. Der erste und der zweite Punkt der Kurve in dem Segment werden zur Berechnung einer Regressionslinie verwendet. Bei einer Abtastrate von 1000 Hz wurden in diesem Fall 10 Abtastpunkte (10 ms) bis zum nächsten Punkt verwendet. Für die Neuberechnung dieser Regressionslinie wurde soweit immer ein Punkt hinzugefügt, bis zu dem Punkt, an dem die Regressionslinie einen positiven Anstieg erhält, ohne wieder negativ abzufallen. Ab dem Punkt, an dem diese Regressionslinie das erste Mal positiv ansteigt, ohne später wieder negativ abzufallen, wird der erste Punkt der zweiten Regressionslinie gesetzt, welche dann bis zu der Spitze der BP Amplitude berechnet wird. Dieses Verfahren wurde bei jedem Grand-Average verwendet. Für die BP-onset Bestimmung in den Teilexperimenten 1, 4 und 5 wurde ein criteria-based-Verfahren verwendet (Smulder et al. 1996). Bei diesem Verfahren wird ein Schwellenwert festgelegt, bei welchem das BP-onset determiniert wird, an dem das BP den Schwellenwert überschreitet. Da bei jedem Probanden das BP-onset sehr unterschiedlich ausfällt, wurde für die statistische Analyse das Jackknife Verfahren (Miller et al. 1998) angewendet. Hierfür wurde nicht jeder Average der jeweiligen Probanden verwendet, sondern es wurden 30 Grand-Average erstellt, wo jeweils ein Proband entfernt wurde. Diese 30 Grand-Average, bei denen jeweils ein anderer Proband entfernt wurde, waren Grundlage für eine ANOVA. Der *F*-Wert wurde danach auf Grund des Jackknife-Verfahrens nach einer Formel von Ulrich und Miller (2001) korrigiert.

Für die Poweranalyse in Teilexperiment 3 wurden die Rohdaten auch gegen Average rereferenziert. Danach wurde die kontinuierlichen EEG-Daten, einmal Stimulus-locked und einmal response-locked, in Segmente eingeteilt. Für die Artefaktverwerfung wurden

---

die gleichen Parameter verwendet wie bei der BP-Analyse. Um die durchschnittliche Veränderung im Power-Spektrum darzustellen, wurde das ERSP Analysetool (Delorme & Makeig 2004) aus dem EEGLAB Packet verwendet. Zuletzt wurden die statistischen Veränderungen des Power-Spektrums mit Hilfe der bootstrap-Methode berechnet.

### 5.4.3 Statistische Datenauswertung

Die statistische Datenauswertung für die Teilexperimente 2 bis 5 erfolgte mit Hilfe von SPSS (Version 20) für Linux. Nur die statistische Datenauswertung für das Teilexperiment 1 erfolgte mit SPSS (Version 20) auf einem Mac OS x. Die RT und BP Analyse erfolgte jeweils über eine ANOVA mit den Sätzen als analytische Einheit und für die Teilexperimente 4 und 5 wurde zusätzlich eine (repeated-measure) ANOVA mit den Probanden als analytische Einheit berechnet (Raaijmakers et al. 1999).

## 6. Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse in der Reihenfolge der Fragestellungen und Hypothesen präsentiert. Aus jedem Teilexperiment werden zuerst die behavioralen und danach die EEG-Ergebnisse beschrieben.

### 6.1 1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation

#### 6.1.1 ATA

Die *anticipation timing accuracy* (ATA) beschreibt die Genauigkeit der Antizipation des Satzendes. Diese kann positiv (zu spät) wie auch negativ (zu früh) ausfallen. Wohingegen die Reaktionszeit nur positiv ausfallen kann und negative Werte als Fehlversuch gewertet werden. Die Mittelung von positiven wie auch negativen Werten resultiert in diesem Fall in einem weniger extremen Wert als bei der lediglichen Berücksichtigung reiner positive Werte, da negative Werte dieses kompensieren. In Tabelle 8 ist die deskriptive Statistik der Verhaltensdaten zusammengefasst.

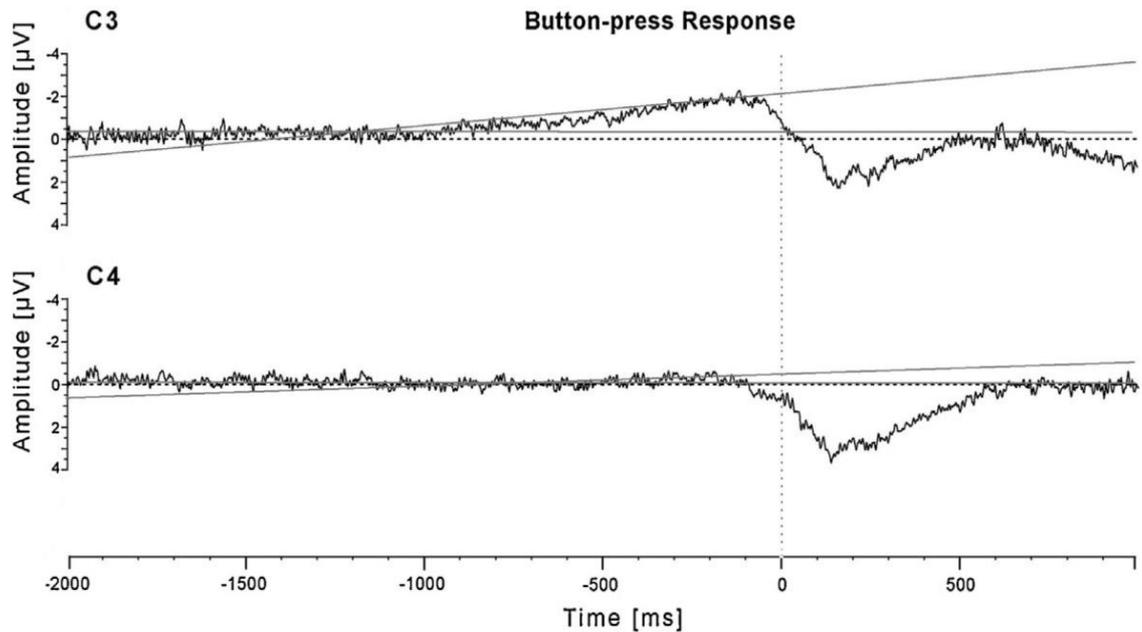
**Tabelle 7:** Deskriptive Statistik der ATA der beiden Konditionen. Aufgeführt ist die Anzahl der Events, Durchschnittliche ATA, schnellste Reaktion, langsamste Reaktion und Standardabweichung (Jansen et al. 2014, p. 26).

	N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Verbale Antwort	450	85,7	-875	250	141,7
Tastendruck	653	50,8	-1179	250	181,9

Die statistische Berechnung ergab, dass die Probanden mit einem Tastendruck signifikant ( $p > 0,01$ ) schneller reagierten als mit einer verbalen Antwort.

### 6.1.2 EEG

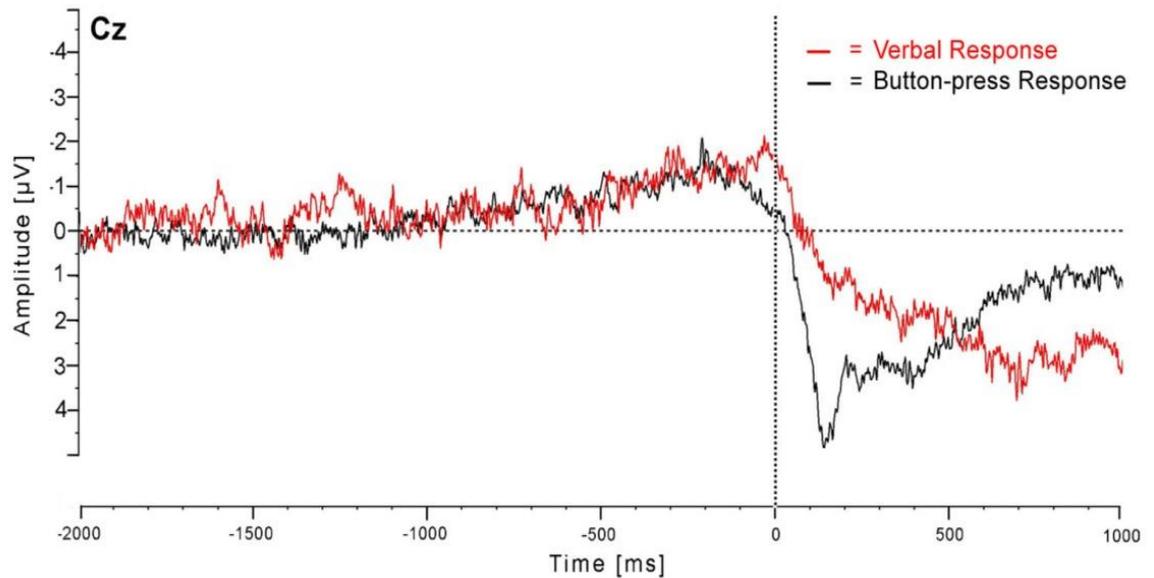
Das response-locked BP bei einem Tastendruck an den Elektrodenpositionen C3 und C4 ist für die Veranschaulichung der Lateralisierung in Abbildung 19 dargestellt. Hierbei ist klar zu erkennen, dass das BP bei einem Tastendruck mit dem rechten Zeigefinger an der linksseitigen Elektrode C3 besser ausgeprägt ist. Um vergleichbare Werte der Konditionen für die Analyse zu erhalten, wurden nur Reaktionen mit einer Reaktionszeit von 250 ms oder weniger für die Analyse herangezogen.



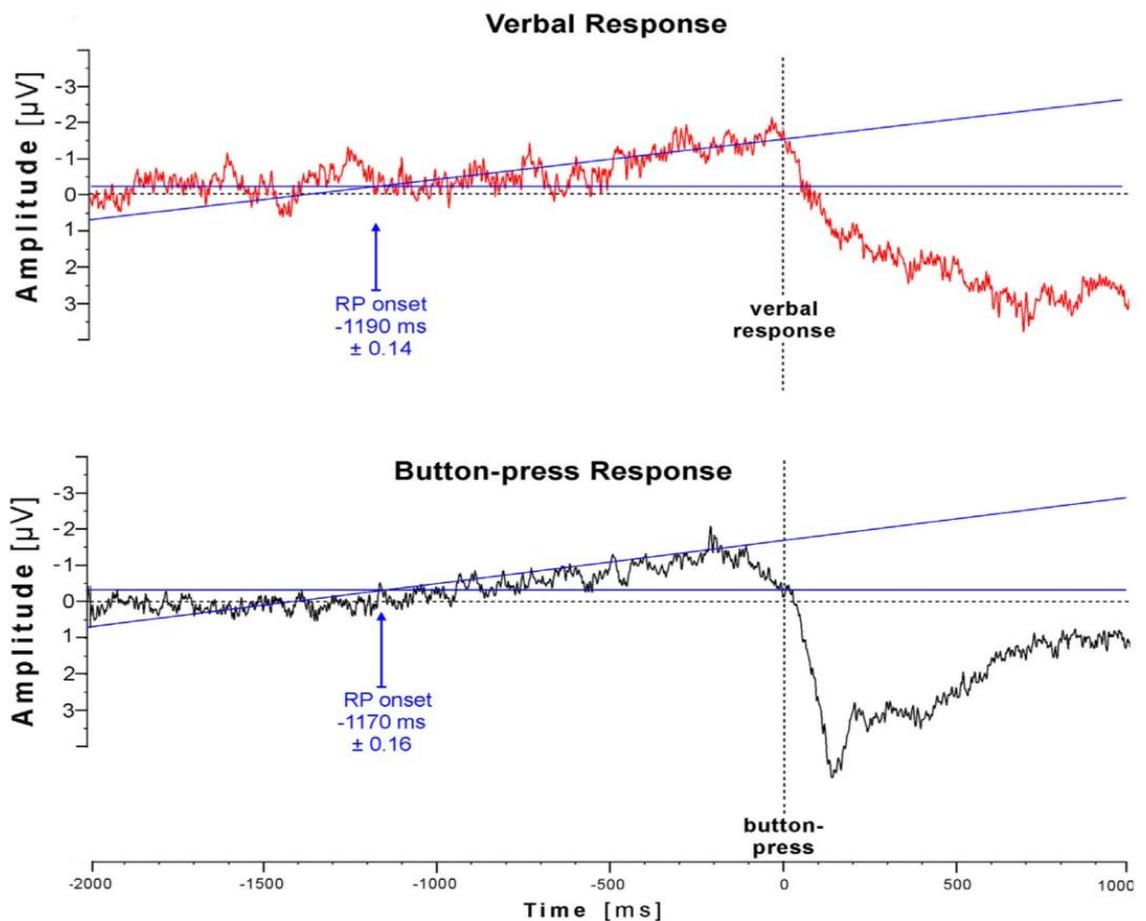
**Abb. 19:** Vergleich des lateralisierten BP von einem Tastendruck gemessen an den Elektrodenpositionen C3 (oben) und C4 (unten). Die Kurven zeigen den Grand-Average der Bewegungshandlungen des rechten Zeigefingers. Eingezeichnet sind die Regressionslinien, die für die Bestimmung des BP-onsets verwendet wurden. Das BP an der Elektrode C3 fängt bei ca. -1100ms an (Jansen et al. 2014, p. 27).

Abweichend zu einem Tastendruck, welcher mit einem lateralisierten BP einhergeht, wird eine verbale Antwort von einem BP begleitet, welches zentral ausgeprägt auftritt (Brunia et al. 2012; McArdle et al. 2009). In Abbildung 20 wird das BP zwischen dem Block mit einem Tastendruck und dem Block mit einer verbalen Antwort an der Elektrode Cz verglichen. Das BP an der Elektrode C3 ähnelt dem BP an der zentralen Elektrode Cz aus dem Tastendruck-Block. Auf Grund dieser Ähnlichkeit der Kurvenverläufe an den beiden Elektroden bei dem Tastendruck-Block wurde das BP von beiden Blöcken an der Elektrode Cz für weitere Berechnungen verwendet (Jansen et al. 2014).

In Abbildung 21 sind beide BPs nochmal separat für beide Konditionen dargestellt. Die Regressionslinie und die Line, die den Schwellenwert anzeigt, sind hier eingefügt. Der berechnete RP-onset ist jeweils mit einem blauen Pfeil gekennzeichnet. Unter den Pfeilen ist der Zeitpunkt des BP-onsets mit der Standardabweichung angegeben.



**Abb. 20:** Vergleich des BP Grand-Averages der 30 Probanden bei einem Tastendruck (N = 653) und verbalen Antworten (N = 450) an der Elektrodenposition Cz. Für den direkten Vergleich wurden die Amplituden übereinandergelegt (Jansen et al. 2014, p. 27).



**Abb. 21:** Vergleichende Darstellung der Amplituden aus Abbildung 20 separat dargestellt. Oben das BP der verbalen Antwort und unten das BP des Tastendrucks. Der

gewählte Schwellenwert ist mit einer horizontalen Linie eingezeichnet, die von der Regressionslinie an dem BP-onset gekreuzt wird. Der Zeitpunkt des BP-onsets ist mit einem Pfeil markiert (Jansen et al. 2014, p. 28).

Das auf den response-locked RP der Artikulation startet 1190 ms vor der Artikulation und das response-locked RP des Tastendrucks startet 1170 ms vor dem Tastendruck. Ein *t*-Test ergab, dass der Unterschied von 20 ms des BP-onsets zwischen den beiden Konditionen nicht signifikant war ( $p = 0.818$ ;  $T = -0.232$ ;  $df = 50.052$ ).

## 6.2 2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation

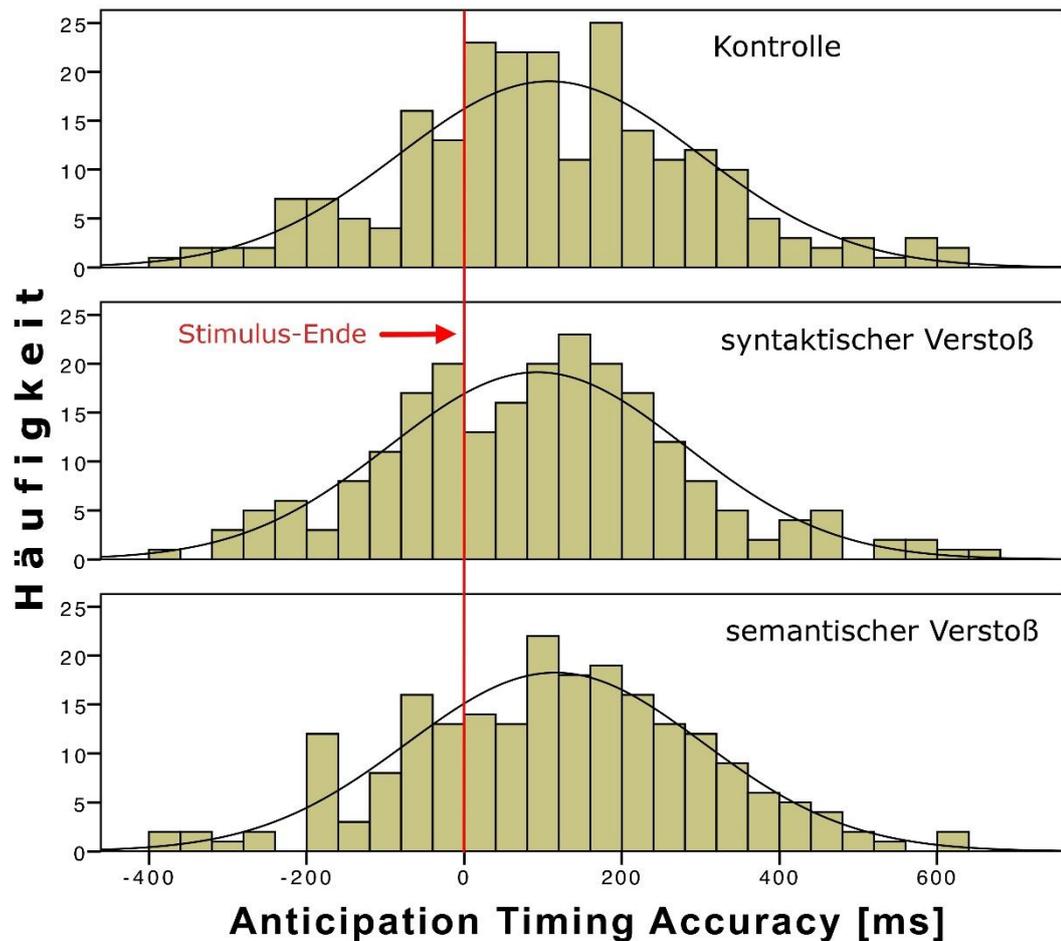
### 6.2.1 ATA

Zusammengefasst lagen von allen Probanden 96,8% der ATAs innerhalb der zweifachen Standardabweichung von dem durchschnittlichen ATA der jeweiligen Kondition. Die Probanden konnten tendenziell die Enden der Sätze ohne Verstoß genauer antizipieren als die Enden der Sätze mit einem semantischen Verstoß, aber schlechter als die Sätze mit einem syntaktischen Verstoß (siehe Tabelle 8).

**Tabelle 8:** Deskriptive Statistik der drei Konditionen auf die ATAs (Wesselmeier et al. 2014, p. 5, verändert).

	N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Kontrolle	228	108,0	-372	639	191,2
Syntax	225	92,6	-380	654	187,7
Semantik	215	115,6	-390	623	187,8

Im Durchschnitt hatten die Probanden auf die Sätze mit semantischem Verstoß die längste Reaktionszeit (115,6 ms) und die kürzeste auf die Sätze mit einem syntaktischen Verstoß (92,6 ms). Auf die Sätze ohne Verstoß wurde durchschnittlich innerhalb von 108 ms reagiert. Abbildung 22 zeigt ein Histogramm der ATA-Verteilung der drei Konditionen.



**Abb. 22:** ATA der drei Konditionen. Die Säulen in dem Histogramm haben eine Binnenweite von 40 ms, ausgerichtet am Stimulus-Ende (roter Balken). Die schwarze Gauß-Kurve zeigt die Normalverteilung (Wesselmeier et al. 2014, p. 5, verändert).

Ein *t*-Test zwischen den Kategorien „Kontrolle“, „syntaktischer Verstoß“ und „semantischer Verstoß“ hatte keinen signifikanten Effekt der Kondition auf die ATA nachgewiesen (Siehe Tabelle 9).

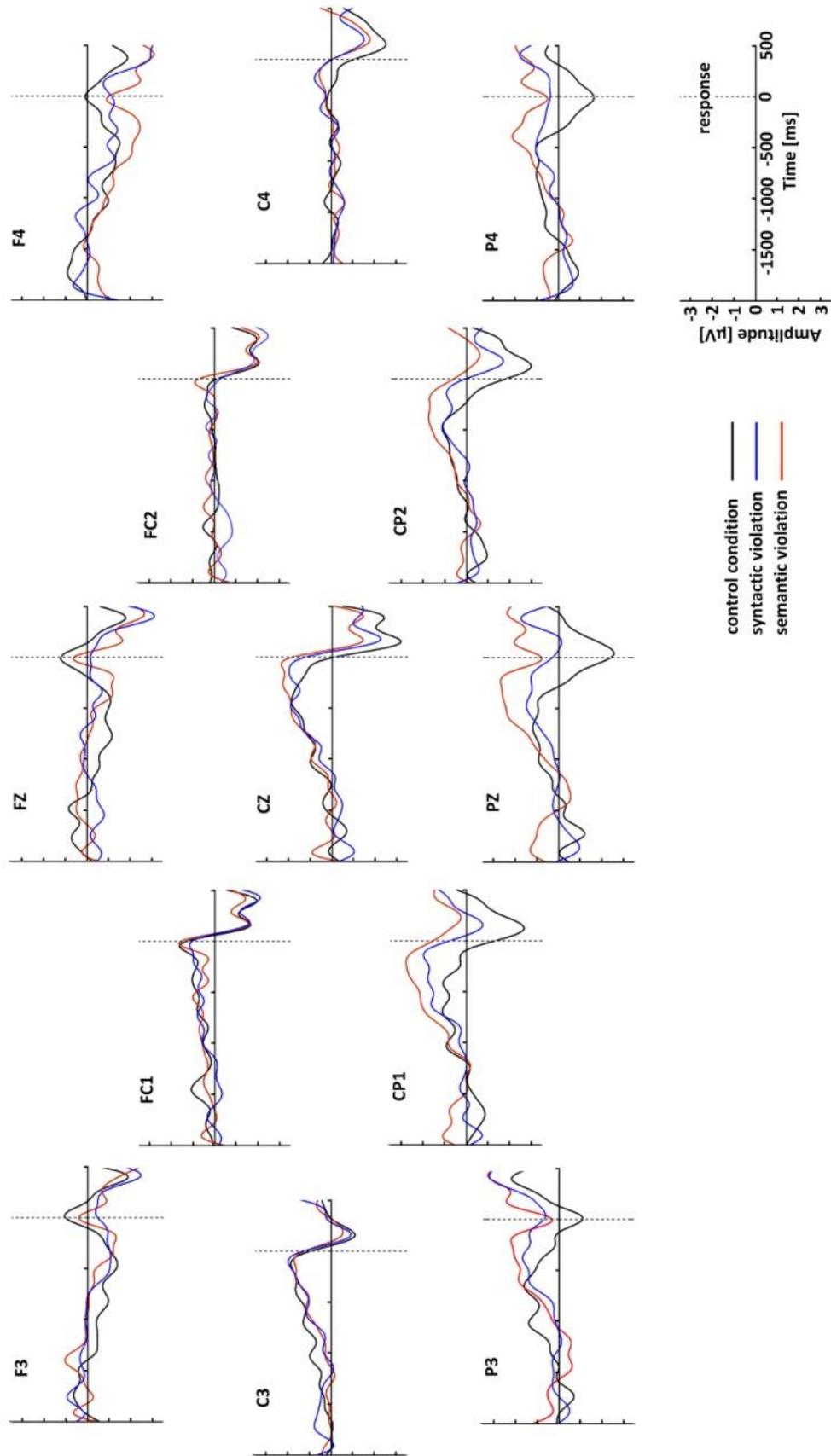
**Tabelle 9:** *t*-test der ATA zwischen den drei Konditionen (Wesselmeier et al. 2014, p. 5).

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	60671,332	2	30335,666	.850	.428
Within Groups	23738844,433	665	35697,510		
Total	23799515,765	667			

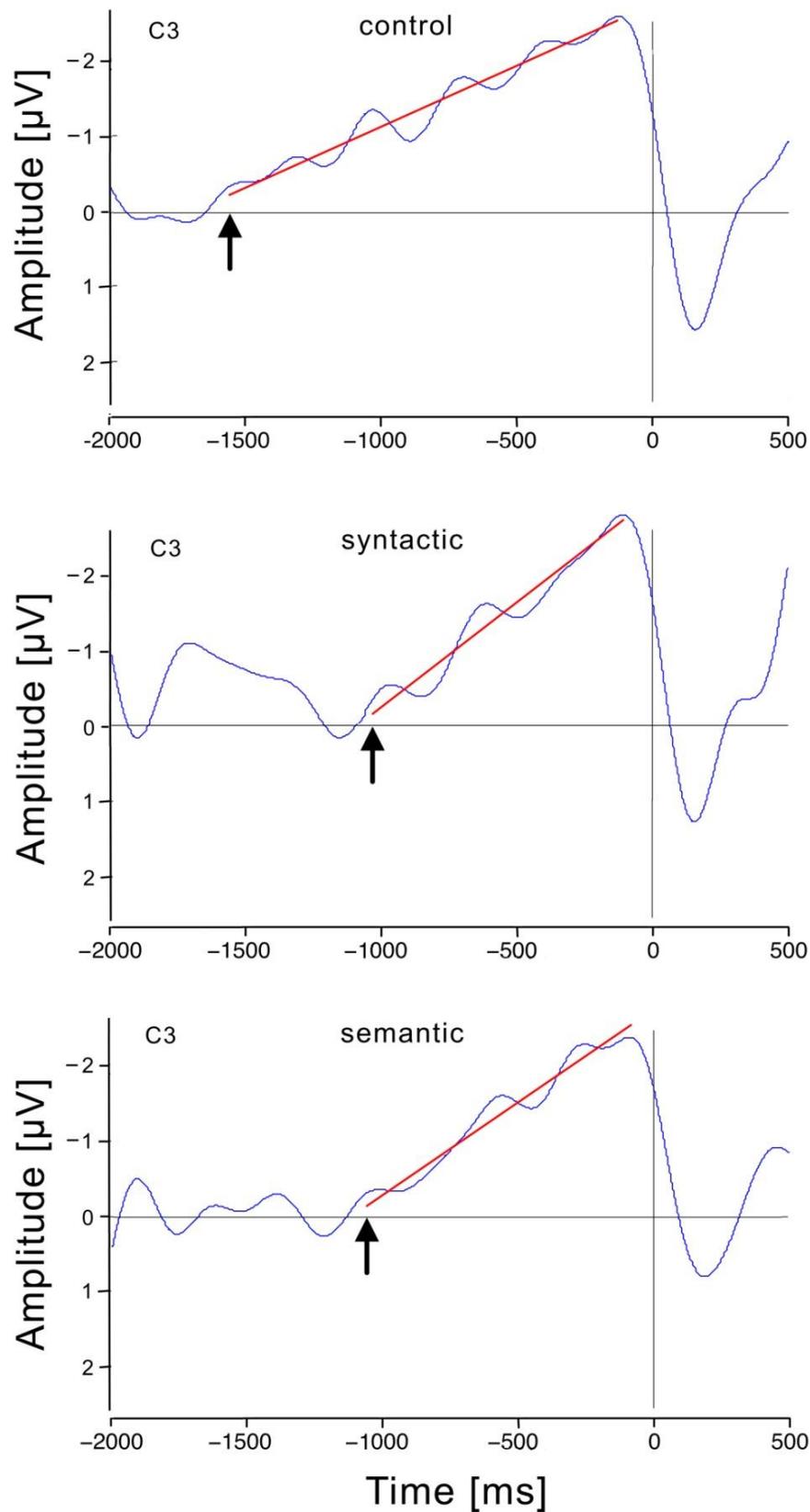
### 6.2.2 EEG

Nach der Artefakt-Zurückweisung verblieben 157 Epochen in der Kontrollkondition, 158 Epochen in Kondition mit syntaktischen Verstößen und 154 Epochen in der Kondition mit semantischen Verstößen. Diese verbliebenden Epochen bildeten den Grand-Average der jeweiligen Kondition. In Abbildung 23 zeigt sich, dass in jeder Kondition an Elektrode C3 eine typische BP-Signatur abgeleitet wurde, die sich für die weiteren Analyseschritte eignete.

In Abbildung 24 sind die BPs der drei Konditionen abgeleitet von Elektrode C3 vergrößert dargestellt. Die abgebildeten BPs zeigen eine langsam in Richtung negativ gehende Wellenform, welche ungefähr 100 ms vor der Reaktion ihren Höhepunkt erreicht. Die mit der segmentierten Regressionsmethode ermittelten BP-onsets lagen 1560 ms vor dem Tastendruck bei der Kontroll-Kondition, 1030 ms bei der Syntax-Kondition und 1060 ms bei der Semantik-Kondition.



**Abb. 23:** Kurvenverläufe der response-locked Grand-Average für die drei verwendeten Konditionen. Der obere Teil der Abbildung zeigt die frontalen Elektroden (Wesselmeier et al. 2014, p. 6).



**Abb. 24:** Response-locked EKP an der Elektrode C3 für die drei Konditionen. Der Zeitpunkt 0 zeigt den Moment des Tastendrucks. In rot ist die zweite Regressionslinie eingezeichnet, die vom BP-onset bis zu der BP-Spitze berechnet wurde. Der Schnittpunkt der Regressionslinien und somit der Anfang des berechneten BP ist mit einem Pfeil gekennzeichnet (Wesselmeier et al. 2014, p. 7).

Die statistische Analyse zeigt einen signifikanten Haupteffekt der Konditionen auf das BP-onset zu Tastendruck-Intervall mit ( $F_{\text{corrected}}(2, 72) = 9.766, p < 0.01$ ). Weiterführende *post hoc* Vergleiche zeigen eine signifikante Verspätung des BP-onsets von 530 ms in der Syntax-Kondition ( $M = 1030, SD = 32,2$ ) im Vergleich zu der Kontroll-Kondition ( $M = 1560, SD = 40,3$ ) und eine signifikante Verspätung des BP-onsets von 500 ms in der Semantik-Kondition ( $M = 1060, SD = 34,5$ ) im Vergleich zu der Kontroll-Kondition. Die 30 ms Unterschied des BP-onsets der Syntax- und Semantik-Kondition war nicht signifikant. Um den Intervall von BP-onset bis Satzende zu berechnen, wurden die ATA Werte von den BP-onset bis Tastendruck-Intervallen subtrahiert. Dieses resultierte in einem BP-onset bis Satzende-Intervall von 1452 ms für die Kontroll-Kondition, 937 ms für die Syntax-Kondition und 944 ms für die Semantik-Kondition. Auch auf diese Intervalle hatten die Konditionen einen signifikanten Haupteffekt von ( $F_{\text{corrected}}(2, 72) = 10.694, p < 0.01$ ). Wiederum weiterführende *post hoc*-Vergleiche ergaben eine signifikante Abweichung dieser Intervalle von 515 ms zwischen der Kontroll-Kondition ( $M = 1452, SD = 144,7$ ) und der Syntax-Kondition und eine signifikante Abweichung von 508 ms zwischen der Kontroll-Kondition und der Semantik-Kondition ( $M = 944, SD = 129,3$ ). Die 7 ms Abweichung zwischen der Syntax- und Semantik-Kondition war nicht signifikant.

### **6.3 3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort**

#### **6.3.1 RT**

Die Ergebnisse der behavioralen Daten sind als deskriptive Statistik in Tabelle 10 wiedergegeben. Im Vergleich zu einer formulierten Antwort waren die RTs bei einem einfachen „Ja“ als Reaktion durchschnittlich 557 ms kürzer als bei einer formulierten Antwort. Eine one-way-ANOVA zeigt, dass der Unterschied zwischen den Konditionen statistisch signifikant ist ( $F(1, 1187) = 845.14, p < .000$ ).

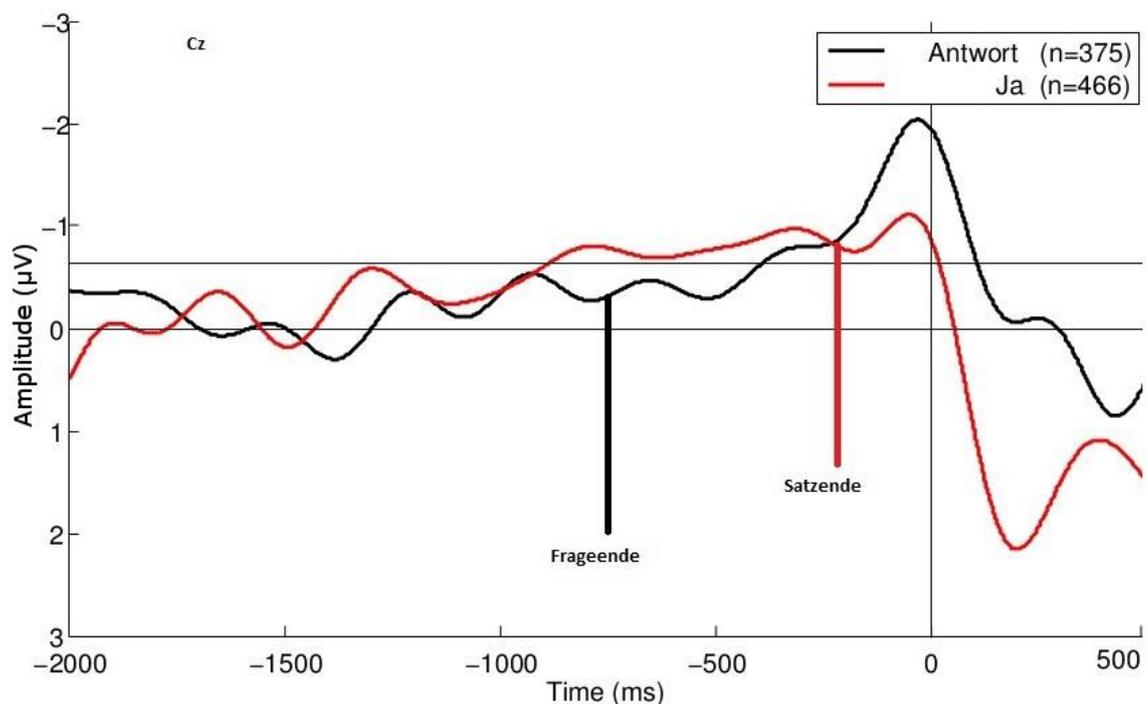
**Tabelle 10:** Deskriptive Statistik der RT-Ergebnisse aus beiden Konditionen.

	N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
Fragesätze (Antwort)	705	753,0	23	1994	449,0
Aussagesätze (Ja)	484	195,7	0	580	122,5

### 6.3.2 EEG

#### EKP

Nach der Artefaktzurückweisung verblieben 375 Epochen der formulierten Antwort und 466 Epochen eines „Ja“s“ als Antwort. In Abbildung 25 die BPs der beiden Konditionen als Grand-Average dargestellt.



**Abb. 25:** Response-locked EKP der Elektrodenposition (Cz) für eine Antwort auf eine Frage (schwarz) und ein „Ja“ als Reaktion auf einen Aussagesatz (rot). Der Zeitpunkt 0 in dieser Grafik ist der Anfangsmoment der Artikulation. Das durchschnittliche Frage- oder Satzende ist mit einem vertikalen Balken in der jeweiligen Farbe gekennzeichnet.

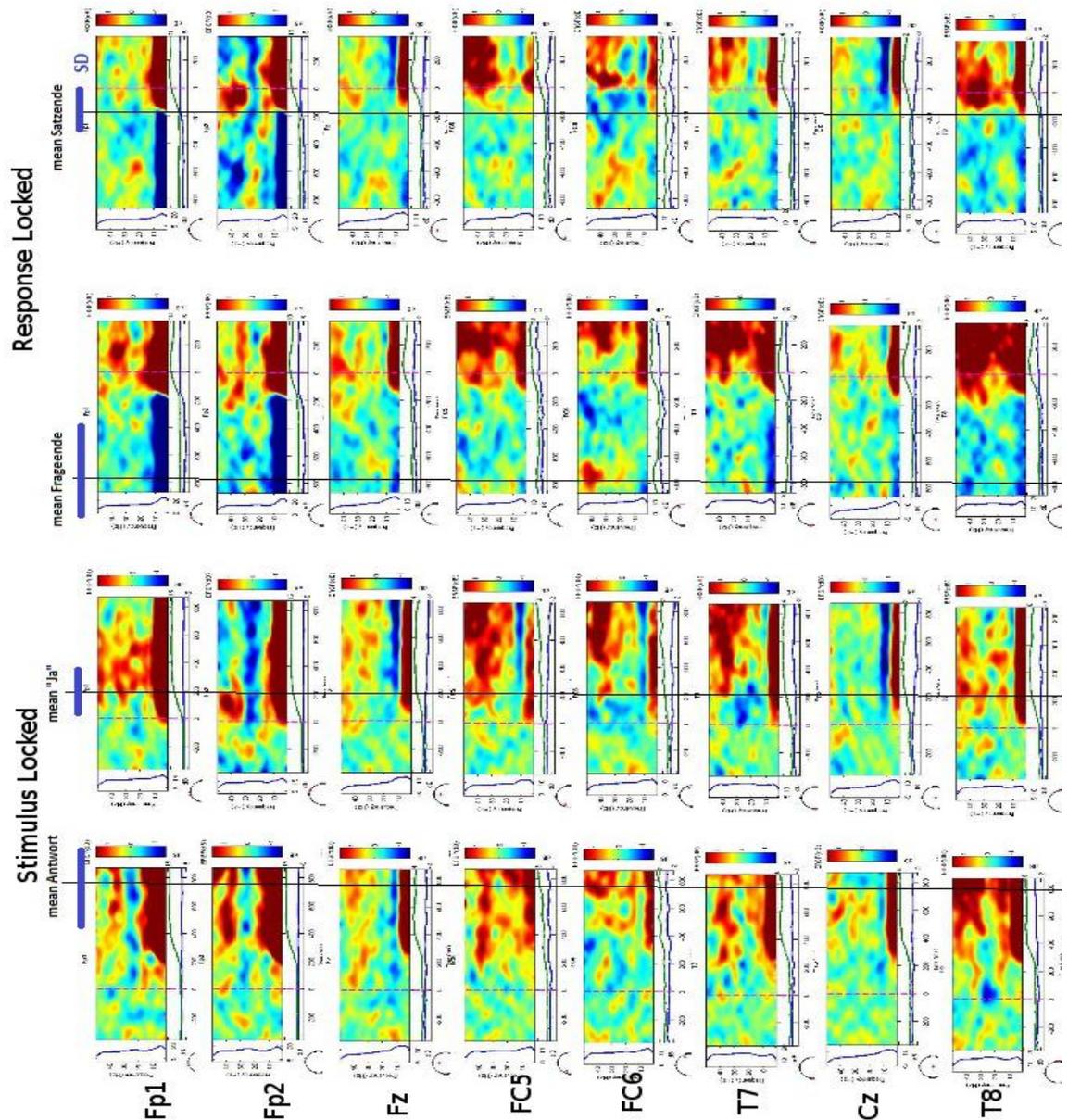
---

Die Abbildung 25 zeigt, dass bis auf die Amplitudenspitze, keinen differenzierbaren Unterschied zu erkennen sind. Die Kurvenverläufe der beiden BPs haben keine Bestimmung des BP-onsets zugelassen. Da es in der EKP-Analyse zu keinem verwertbaren Ergebnis gekommen ist, wurde zusätzlich eine ERSP-Analyse durchgeführt.

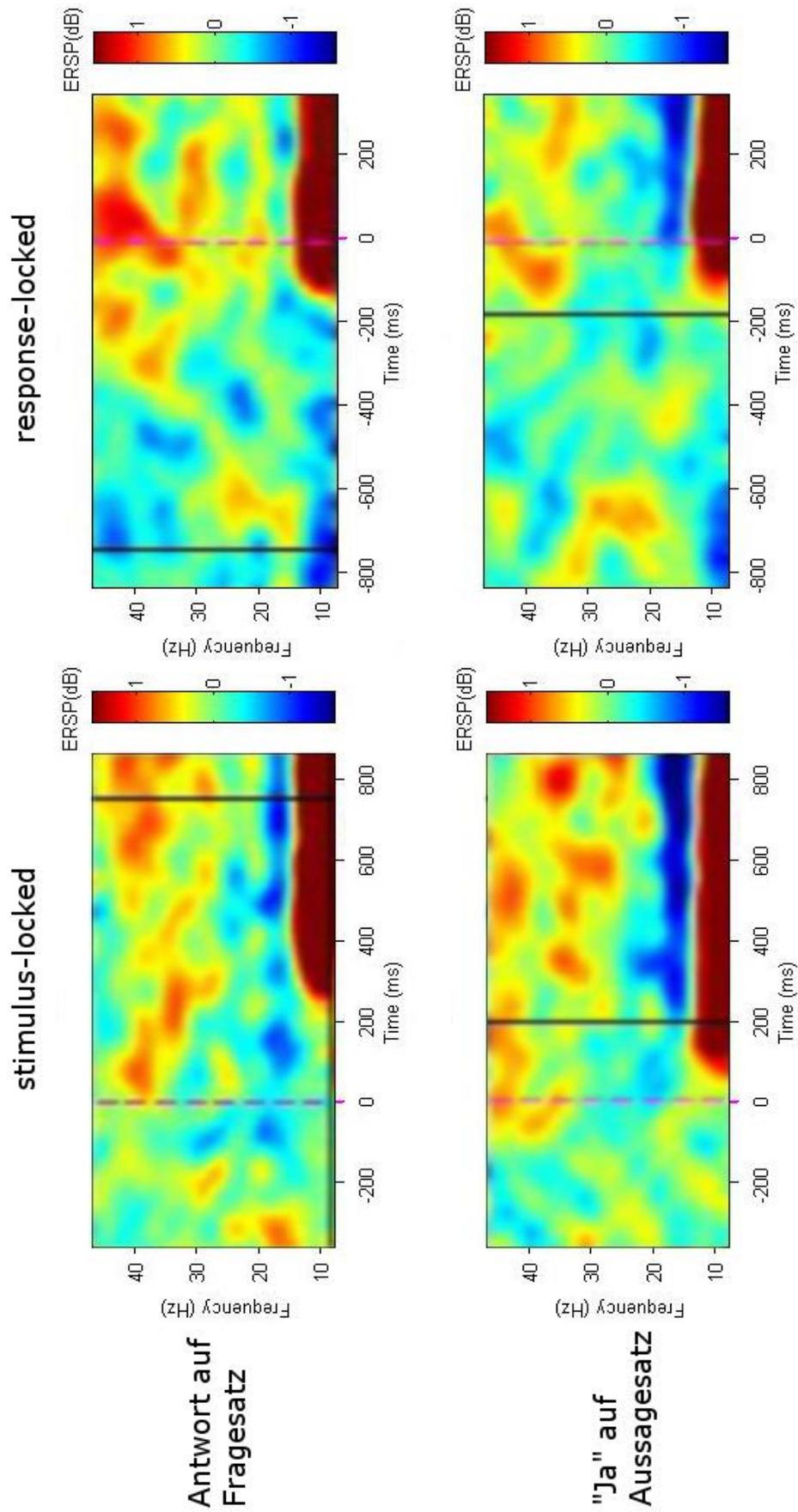
### **ERSP**

Das Ergebnis der stimulus-locked und response-locked ERSP-Analyse der beiden Konditionen ist in Abbildung 26 zusammengefasst. Die dafür herangezogenen Elektroden waren Fp1, Fp2, Fz, Fc5, Fc6, T7, Cz und T8.

Für eine deutlichere Veranschaulichung wurden die Ergebnisse der Elektrode Fz in Abbildung 27 vergrößert dargestellt. Ein Schwellenwert von 1,3 dB wurde für die Aktivitätsveränderung während der Verarbeitung bestimmt. Bei dem stimulus-locked ERSP ist ein Anstieg im Theta und Alpha Frequenzbereich bei formulierten Antworten auf Fragen, nach ca. 230 ms nach dem Stimulus-Ende und ca. 520 ms vor dem durchschnittlichen Anfang der Antwort, zu erkennen. Bei den „Ja“ Reaktionen auf einen Aussagesatz ist der Anstieg ca. 80 ms nach dem Stimulus-Ende und ca. 110 ms vor dem durchschnittlichen Anfang der „Ja“ Reaktion, zu erkennen. Bei dem response-locked ERSP ist ein Anstieg im Theta und Alpha Frequenzbereich bei formulierten Antworten auf Fragen, nach ca. 610 ms nach dem durchschnittlichen Stimulus-Ende und ca. 140 ms vor dem Anfang der Antwort, zu erkennen. Bei den „Ja“ Reaktionen auf einen Aussagesatz ist der Anstieg ca. 90 ms nach dem durchschnittlichen Stimulus-Ende und ca. 100 ms vor dem Anfang der „Ja“ Reaktion zu erkennen.



**Abb. 26:** ERSP-Werte stimulus-locked (links) und response-locked (rechts). Reaktionen auf eine Frage, auf die mit einer Antwort zu reagieren war (Spalte 1 und 3) und einen Aussagesatz, auf den mit einem „Ja“ zu reagieren war (Spalte 2 und 4). Standardabweichungen der Satzenden bei response-locked und Standardabweichungen Response Anfänge bei Stimuli locked sind oberhalb mit einem blauen Balken markiert. Die y-Achse beschreibt die Frequenzen (0 bis 50 Hz) und die x-Achse die Zeit stimulus-locked (-400 bis 850), response-locked (-850 bis 400 ms). Grün markiert die statistisch nicht signifikanten Frequenzveränderungen an den jeweiligen Zeitpunkten, blau zu signifikant negativen ERSP-Werten und rot zu signifikant positiven ERSP-Werten ( $p < .05$ ).



**Abb. 27:** ERSP-Werte der Elektrode Fz vor Antworten auf eine Frage (oben) und ein „Ja“ als Reaktion auf einen Aussagesatz (unten). Der Zeitpunkt 0 in dieser Grafik ist der

Zeitpunkt des Stimulus-Endes bei stimulus-locked (links) und der Zeitpunkt der Artikulation bei response-locked (rechts). Die y-Achse beschreibt die Frequenzen (0 bis 50 Hz) und die x-Achse die Zeit stimulus-locked (-400 bis 850), response-locked (-850 bis 400 ms). Grün markiert die statistisch nicht signifikanten Frequenz-veränderungen an dem jeweiligen Zeitpunkt, blau markiert signifikant negative ERSP-Werte und rot markiert signifikant positive ERSP-Veränderungen ( $p < .05$ ).

## 6.4 4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points

### 6.4.1 RT

In diesem Telexperiment lagen von den 30 Probanden 94 % der insgesamt 750 Antworten innerhalb der zweifachen Standardabweichung vom Durchschnitt und wurden für die weitere Analyse verwendet (Tabelle 11).

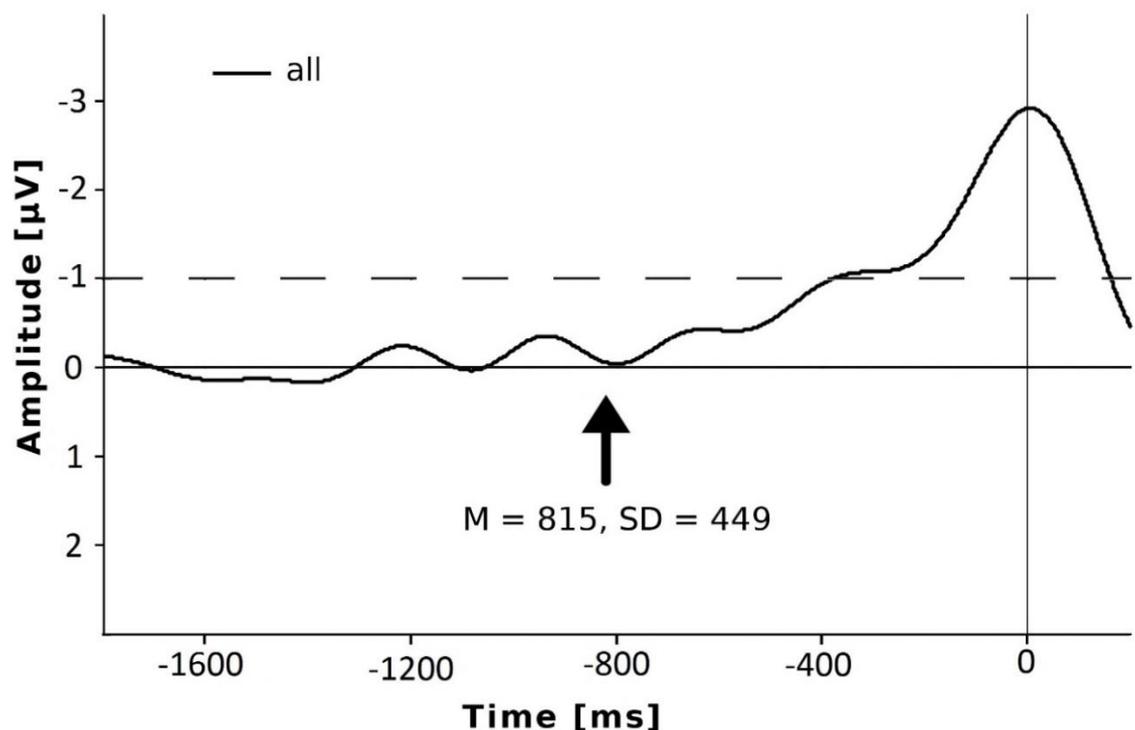
**Tabelle 11:** Deskriptive Statistik der RTs aus den beiden Konditionen ein oder zwei semantische completion points (Wesselmeier & Müller 2015, p. 149, verändert).

		N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
syntaktische Struktur	ein cp	336	803	23	1993	482
	zwei cp	369	825	69	1994	416

Im Vergleich zu den Sätzen mit zwei syntaktischen completion points reagierten die Probanden durchschnittlich 22 ms langsamer auf Sätze, die nur einen syntaktischen completion point am Ende des Satzes hatten. Eine ANOVA mit den Sätzen als analytische Einheit ergab keinen signifikanten Effekt der Kondition auf die RTs ( $F(1, 23) = 0.83, p = .371$ ). Auch eine Messwiederholung (repeated-measure) ANOVA mit den Probanden als analytische Einheit ergab keinen signifikanten Effekt der Kondition auf die RTs ( $F(1, 28) = 4.07, p = .053$ ).

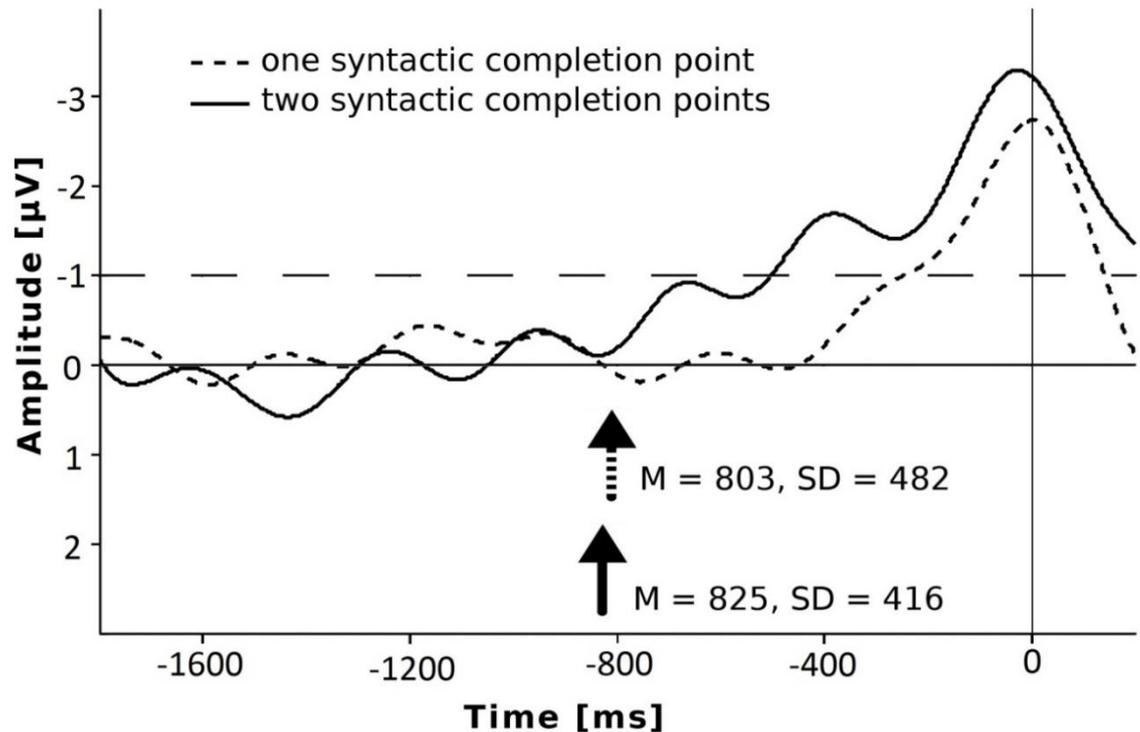
## 6.4.2 EEG

Nach der Artefaktverwerfung von 18% der Epochen, die fast gleichmäßig über die Konditionen verteilt waren, wurde das BP an der Elektrode Cz dargestellt (siehe Abbildung 28). Es zeigt eine für das BP typische, langsam ins Negativ driftende Kurvenform ab circa -800 ms. Sie überschreitet den Schwellenwert von  $1\mu\text{V}$ , 375 ms vor Einsetzen der Artikulation. Die Spitze erreicht die Kurve im ersten Moment der Artikulation und fällt danach wieder ab.



**Abb. 28:** Response-locked EKP an der Elektrode C3 über beide Konditionen gemittelt. Zeitpunkt 0 zeigt den Anfang der Artikulation an. Die gestrichelte Line zeigt den selektierten Schwellenwert von  $1\mu\text{V}$  für die BP-onset Bestimmung an. Das durchschnittliche Satzende ist mit einem Pfeil gekennzeichnet (Wesselmeier & Müller 2015, p. 150).

In Abbildung 29 ist das BP der Antworten auf Fragen mit ein oder zwei syntaktischen completion points abgebildet. Die durchschnittlichen RTs der beiden Konditionen sind mit einem Pfeil markiert.



**Abb. 29:** Response-locked EKP an der Elektrode C3 über beide Konditionen gemittelt. Der Zeitpunkt 0 zeigt den Anfang der Artikulation an. Die gestrichelte Linie zeigt den selektierten Schwellenwert von 1  $\mu\text{V}$  für die BP-onset Bestimmung an. Das durchschnittliche Satzende der Stimuli ist mit einem Pfeil gekennzeichnet (Wesselmeier & Müller 2015, p. 150).

Das BP der Antworten auf Fragen mit nur einem syntaktischen CP am Ende des Satzes erreichte den Schwellenwert 250 ms vor der Artikulation. Das BP der Antworten auf Fragen mit einem zusätzlichen möglichen syntaktischen CP innerhalb des Satzes erreichte den Schwellenwert 535 ms vor der Artikulation. Die zeitliche Differenz von 285 ms war signifikant, indem eine ANOVA mit den Sätzen als analytische Einheit einen signifikanten Effekt der Kondition auf das BP ergab ( $F_{\text{corrected}}(1, 23) = 56.562, p < .01$ ). Auch eine Messwiederholung (repeated-measure) ANOVA mit den Probanden als analytische Einheit ergab einen signifikanten Effekt der Kondition auf das BP ( $F_{\text{corrected}}(1, 28) = 24.786, p < .01$ ).

Bei Berücksichtigung der RT erreicht das BP den Schwellenwert 553 ms nach dem Ende der Stimulus-Fragen mit nur einem syntaktischen CP und 290 ms nach dem Ende der Stimulus-Fragen mit zwei syntaktischen CPs. Zum Zeitpunkt des ersten syntaktischen CP hat das BP den Schwellenwert von 1  $\mu\text{V}$  nicht überschritten.

## 6.5 5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation

Um festzustellen, ob die Variationen der RT aus dem EEG-Experiment durch unterschiedlichen cognitive load verursacht wurden und nicht durch andere Faktoren, wurde ein Rating der Stimulus-Sätze durchgeführt. Hierbei wurde eine vier Punkteskala für die 25 Sätze verwendet. An dem Rating nahmen 58 Probanden (55 weiblich, Durchschnittsalter 23,7, SD = 4,3) teil. In dem Rating, sollten sie nicht die Fragen beantworten, sondern einschätzen, wie schwer diese Fragen zu beantworten sind. Ein Punkt sollte vergeben werden, wenn die Fragen einfach und schnell ohne große Überlegung zu beantworten waren und vier Punkte, wenn die Fragen schwierig und nur nach einer Überlegung zu beantworten waren.

### 6.5.1 RT

Die durchschnittlichen RTs der beiden Konditionen sind in Tabelle 12 mit der deskriptiven Statistik wiedergegeben. Die Kondition „low cognitive load“ steht für nicht verspätet und die Kondition „high cognitive load“ steht für verspätet, da sie in den Abbildungen aus der Publikation mit „undelayed“ und „delayed“ bezeichnet sind.

**Tabelle 12:** Deskriptive Statistik der RTs aus den beiden Konditionen hohen und geringen cognitive load (Wesselmeier & Müller 2015, p. 149, verändert).

		N	Mean [ms]	Min [ms]	Max [ms]	SD
cognitive load	low	379	677	23	1994	403
	high	326	975	78	1993	446

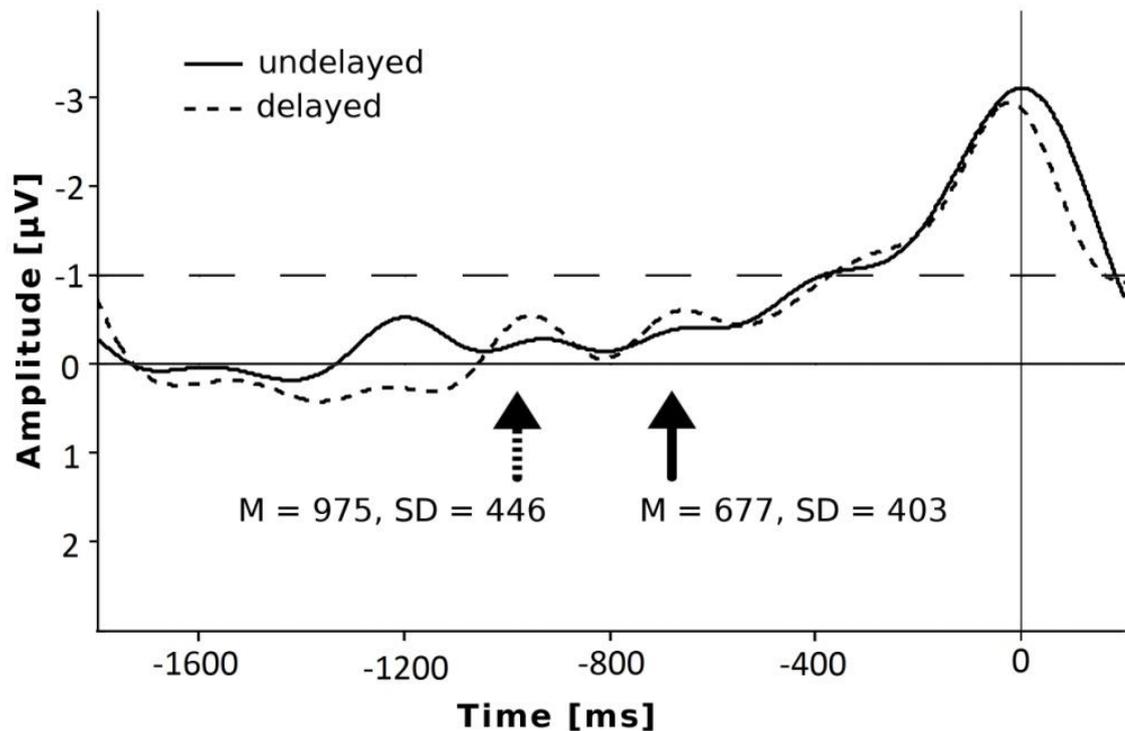
Um die Korrelation zwischen dem Rating und den eigentlichen RTs festzustellen, wurde eine Spearman's correlation durchgeführt. Diese ergab eine Korrelation von ( $r_s(25) = .442, p = .027$ ). Das heißt, Fragen die als schnell zu beantworten gerated wurden, wurden im Durchschnitt auch schnell beantwortet. Fragen die als langsam zu beantworten gerated wurden, wurden im Durchschnitt auch langsamer beantwortet.

---

Im Vergleich zu Sätzen mit low cognitive load reagierten die Probanden durchschnittlich 298 ms langsamer auf Sätze mit high cognitive load. Eine ANOVA mit den Sätzen als analytische Einheit ergab einen signifikanten Effekt der Kondition auf die RTs ( $F(1, 23) = 57.99, p < .001$ ). Auch eine Messwiederholung (repeated-measure) ANOVA mit den Probanden als analytische Einheit ergab einen signifikanten Effekt der Kondition auf die RTs ( $F(1, 28) = 55.61, p < .001$ ).

### 6.5.2 EEG

Das BP der Antworten auf Fragen, die schnell beantwortet wurden, erreichte den Schwellenwert von  $1 \mu\text{V}$  370 ms vor der Artikulation. Das BP der Antworten auf Fragen, die langsamer beantwortet wurden, erreichte den Schwellenwert 380 ms vor der Artikulation. Die 10 ms Unterschied zwischen den beiden Konditionen war nicht signifikant bei der Analyse einer ANOVA mit den Sätzen als analytische Einheit ( $F_{\text{corrected}}(1, 23) = 0.026, p > .1$ ) und (repeated-measure) ANOVA mit den Probanden als analytische Einheit ( $F_{\text{corrected}}(1, 28) = 0.278, p > .1$ ). In Abbildung 30 ist deutlich zu erkennen, dass die beiden BPs vor der Artikulation einen sehr ähnlichen Kurvenverlauf aufweisen. In Berücksichtigung der RT erreichte das BP der Antworten auf Fragen, die schnell beantwortet wurden, 297 ms nach Ende der Frage den Schwellenwert. Das BP der Antworten auf Fragen die langsamer beantwortet wurden, erreichten 605 ms nach Ende der Frage den Schwellenwert.



**Abb. 30:** Response-locked EKP an der Elektrode C3 über beide Konditionen gemittelt. Zeitpunkt 0 zeigt den Anfang der Artikulation an. Die gestrichelte Linie zeigt den selektierten Schwellenwert von  $1 \mu\text{V}$  für die BP-onset Bestimmung an. Das durchschnittliche Satzende ist mit einem Pfeil gekennzeichnet (Wesselmeier & Müller 2015, p. 150).

## 7. Diskussion

Ziel der Teilerperimente war die Untersuchung, der Fähigkeit der Probanden, das Ende eines Satzes unter verschiedenen Bedingungen zu antizipieren. In diesem Kapitel sollen nun die Ergebnisse der RT-, ATA- und EEG-Analysen in Bezug auf die Fragestellung dargestellt und diskutiert werden. Dabei werden die Ergebnisse mit Berücksichtigung der in der Einleitung erörterten Annahmen und Grundlagen interpretiert.

### 7.1 1. Teil: Tauglichkeit des Bereitschaftspotentials zur Bestimmung der Antizipationsleistung: Tastendruck vs. Artikulation

Um vorab die Turn-Antizipation und nicht das Turn-taking zu untersuchen, war es in einigen Teilerperimenten möglich, das BP eines Tastendrucks und nicht der Artikulation

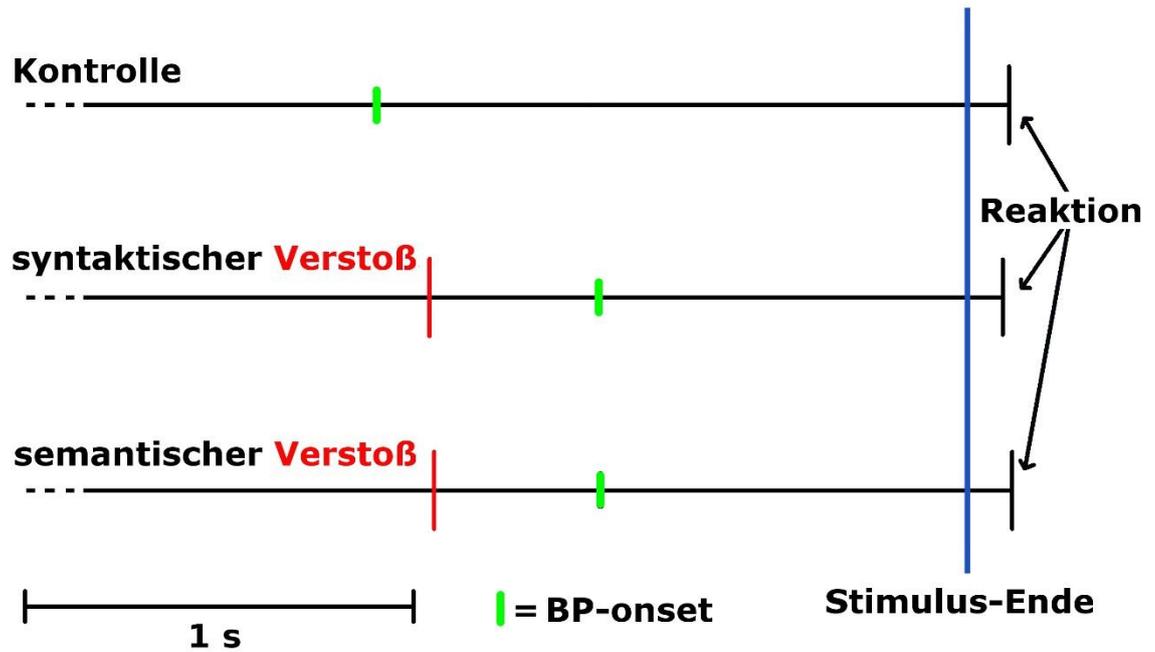
zu untersuchen. Hierdurch wurden auch die weiteren Faktoren der komplexen motorischen Vorbereitung der Artikulation sowie der damit verbundenen Atmung ausgeschlossen. Daran angelehnt war die erste Ausgangshypothese mit der Frage, ob das BP einer Artikulation genauso gut als Maß für die Antizipation verwendet werden kann wie das BP eines Tastendrucks. Es wurde erwartet, dass in beiden Fällen ein BP auftritt, mit deren Hilfe sich die Antizipation besser nachweisen lässt, als mit einfachen behavioralen RTs. Im Vergleich zum Tastendruck ist die Artikulation ein viel komplexerer Prozess, welcher eine Vielzahl von eng koordinierter Bewegungen beinhaltet. Aufgrund dieses komplexen Bewegungsprozesses ist anzunehmen, dass ein BP der Anfangsbewegung von Artikulation schwieriger zu detektieren ist, als bei einem Tastendruck. Um die BPs der beiden verschiedenen Bewegungen zu vergleichen, wurden die Daten der zentralen Elektrode (Cz) herangezogen. In Abbildung 19 wurden zusätzlich die Amplituden an den Elektroden C3 und C4 des Tastendrucks für einen generellen Vergleich hinzugefügt, da an diesen Elektroden die eigentlichen Motor-Areas für Fingerbewegungen liegen. Die Amplituden beider BPs an der Elektrode Cz fing ungefähr bei -1100 ms an. An dem ähnlich ausgeprägten Kurvenverlauf ist zu erkennen, dass auch das BP eines Tastendrucks für die Untersuchung der temporalen Responsevorbereitung verwendet werden kann (Jansen et al. 2014). Hinsichtlich der Antizipation des Satzendes haben die BP-Analyse des Tastendrucks und der Artikulation gezeigt, dass beide für die Untersuchung der temporalen Reaktionsvorbereitung verwendet werden können. In Abbildung 20 ist gut zu erkennen, dass sich die BP-Kurven von Tastendruck und Artikulation im Bereich von -250 ms bis zum Response (0 ms) unterscheiden. Die BP-onsets sind jedoch bei beiden Arten der Reaktionen vergleichbar. Da eine absolut genaue BP-onset Bestimmung nicht realisierbar ist (Grötzinger et al. 1974; Falkenstein et al. 1994), kann die Differenz von 20 ms zwischen dem BP-onset des Tastendrucks (-1170 ms) und dem BP-onset der Artikulation (-1190 ms) vernachlässigt werden. Aufgrund dieser Ähnlichkeit der BP-onsets ist davon auszugehen, dass ein BP eines Tastendrucks genauso wie das BP einer Artikulation als Response zu einem Satzende als Messung für die Antizipationsleistung verwendet werden kann.

Desweiteren unterstützen die Ergebnisse dieses Telexperiments die Hypothese, dass die Satzende-Antizipation mit Hilfe des BPs als psychophysiologischem Nachweis akkurater gemessen werden kann als mit behavioralen Experimenten (Jansen et al. 2013). Bei beiden Konditionen trat das BP-onset mit 1170 ms und 1190 ms recht früh auf. Die Stimuli waren im Durchschnitt 4038 ms und 12 Wörter lang. Das bedeutet, dass das BP-

onset durchschnittlich schon 3 Wörter vor dem Stimulus-Ende auftrat. Dieses ist ein Indikator dafür, dass die Probanden das Ende des Stimulus-Satzes schon nach durchschnittlich 8 von insgesamt 12 Wörtern antizipiert haben. McArdle et al. (2009) zeigten schon in einer Studie, dass das BP der Sprachproduktion schon 2500 ms vor Beginn der Artikulation anfangen kann. Mit den Ergebnissen aus dem Paradigma dieses Telexperiments wird die Annahme unterstützt, dass Turn-Antizipation schon weit vor dem Ende des Stimulus-Satzes stattfindet (Heldner & Edlund 2010). Die unterschiedlichen ATA Ergebnisse von 34,1 ms zwischen verbalen Antworten (85,7 ms) und dem Tastendruck (50,8 ms) kann auf die Messmethode zurückzuführen sein, da für die Triggersetzung von verbalen Antworten im Gegensatz zu dem Tastendruck einen gewissen Schwellenwert für die Notierbarkeit erreicht werden muss. Unabhängig davon, erzeugen Konditionen mit einem Tastendruck als Reaktion vergleichbare Antwortzeiten, wie Konditionen mit verbaler Reaktionen, wie sie schon in früheren Studien und Metaanalysen von z.B. Heldner & Edlund 2010, de Ruiter et al. 2006 und Stivers et al. 2009, zur Turn-Antizipation zu finden sind.

## **7.2 2. Teil: Überprüfung der Einflüsse von syntaktischen oder semantischen Fehlern auf das BP während der Turn-Antizipation**

Die zweite Ausgangshypothese in diesem Experiment betraf die Sätze mit einem syntaktischen bzw. semantischen Verstoß. Hierbei wurde erwartet, dass die Probanden die Enden von Sätzen mit einem syntaktischen oder semantischen Verstoß schlechter antizipieren können als von vergleichbaren Sätzen ohne einen solchen Verstoß. Die Hypothese konnte aufgrund der RT-Daten nicht bestätigt werden. Jedoch weist ein verspätetes BP-onset in den beiden experimentellen Konditionen daraufhin, dass die Vorbereitung auf die Reaktion später durchgeführt wird. Für eine Veranschaulichung ist in Abbildung 31 die zeitliche Abfolge dargestellt.



**Abb. 31:** Eine Darstellung der zeitlichen Abfolge der Verstöße, BP-onset und der Reaktion im Verhältnis zum Satzende. Zeitlich ausgerichtet nach den Satzenden, gekennzeichnet mit der blauen Linie, sind innerhalb der Sätze die BP-onssets grün und die Verstoßenden rot markiert. Die Reaktionen nach den Sätzen ist jeweils in schwarz mit einem senkrechten Strich nach dem Satzende markiert (Wesselmeier et al. 2014, p. 8, verändert).

Obwohl die EKP-Signatur mit einer langsamen Verschiebung in das negative Bereich, welche ungefähr 100 ms vor dem Tastendruck ihren Höhepunkt erreicht und klare BP-Charakteristiken aufweist, ist nicht auszuschließen, dass sie Komponenten einer CNV enthält. Jedoch beeinflusst das nicht die Interpretation der EKP-Signatur, da eine CNV wie auch ein BP in dem verwendeten Design als Vorbereitung der Reaktion gesehen werden kann. Bei einem BP können der Onset-Zeitpunkt und die Amplitudenspitze variieren. In einem Experiment manipulierte z.B. Falkenstein et al. (1994) die Komplexität der Probandenaufgabe durch Variation der Anzahl von Antwortalternativen. Dieses hatte zur Folge, dass das BP-onset bei einer höheren Anzahl von Antwortalternativen verspätet auftrat. Die Schlussfolgerung war, dass das BP-onset von dem Entscheidungsprozess zu reagieren beeinflusst werden kann, wohingegen die Amplitudenspitze mehr von der Bewegungsausführung beeinflusst wird (Falkenstein et al. 1994). Bei der Analyse des BPs können zwei verschiedene Verfahren angewendet werden. Die erste Möglichkeit ist stimulus-locked, wobei der Punkt 0 auf der Zeitachse das Ende des Stimulus darstellt. Die zweite Möglichkeit ist response-locked, wobei der

---

Punkt 0 auf der Zeitachse den Anfang der Reaktion darstellt. In beiden Szenarien startet das BP zu Beginn der motorischen Vorbereitung (Masaki et al. 2004). In Abbildung 31 sind die Events an dem Stimulus-Ende ausgerichtet. Dieses wurde auf Grund einer besseren Veranschaulichung so dargestellt. Die Analyse der BPs wurde aber response-locked durchgeführt und ist damit nicht zu verwechseln. Desweiteren sollte in den Experimenten der vorliegenden Arbeit mit Hilfe des BPs der Moment spezifiziert werden, in dem die Turn-Antizipation abgeschlossen ist und die motorische Vorbereitung beginnt. Zu diesem Zweck und da der Moment der Turn-Antizipation nicht gleich das Ende des Stimulus Satzes, sondern unregelmäßig davor oder auch danach verteilt ist, wurde das response-locked Verfahren verwendet. In einem EEG-Experiment fanden Leuthold et al. (1996) heraus, dass sich ein response-locked RP verkürzt, umso mehr Informationen über den Zeitpunkt, wann zu reagieren ist, gegeben sind. Gleichzeitig werden die Reaktionen dabei schneller (verkürzte RT). Dies bedeutet, umso weniger Informationen über den Zeitpunkt wann zu reagieren ist, vorhanden sind, umso länger ist das BP und die RT. Dem zufolge bleibt bei dem response-locked Verfahren das Intervall von Stimulus bis zu der Reaktion verhältnismäßig gleich. In dem hier beschriebenen Experiment waren die ATAs, welche die Reaktion darstellten, ähnlich und nur die BPs waren unterschiedlich lang. Wenn man nun davon ausgeht, dass pre-motorische Prozesse für die Entscheidungsfindung zu reagieren und die motorische Vorbereitung seriell abfolgen, ist bei ähnlichen ATA Ergebnissen in Kombination mit frühen BP-onsets die Antizipation früh abgeschlossen und in Kombination mit späten BP-onsets spät abgeschlossen.

Eine Alternative zu der Annahme der seriellen Verarbeitung ist die partielle parallele Verarbeitung. Vergleicht man den Zeitpunkt des BP-onsets der Kontrollkondition mit dem Zeitpunkt der Verstöße der beiden experimentellen Konditionen, ist eindeutig zu erkennen, dass das BP-onset in der Kontrollkondition noch vor den Verstößen der beiden experimentellen Konditionen stattfindet. Da die Stimulus-Sätze aller drei Konditionen bis zum Zeitpunkt der Verstöße identisch sind, kann man von einer Unterbrechung des BPs durch die Verstöße in den beiden experimentellen Konditionen ausgehen. Freeman et al. (2011) zeigten, dass eine BP-Unterbrechung durch eine ständige Interaktion höherer kognitiver und motorischer Vorbereitungs-Prozesse herbeigeführt wird. Deren Ergebnisse zeigten z.B., dass bei direkten Interaktionen zwischen zwei Personen, die perzeptiven kognitiven Prozesse des Gesichtes eines anderen frühzeitig und dauerhaft mit dem Motor-Kortex geteilt werden, welcher diese Informationen permanent für die motorische Vorbereitung verwendet. Hieraus schlossen sie, dass die Reaktions-

---

vorbereitung schon weit vor der Beendigung der Stimulus-Interpretation anfängt (Freeman et al. 2011). De Jong et al. (1990) fanden Belege dafür, dass zentrale Antwortvorbereitungen, die sich als BP abzeichnen, jederzeit unterbrochen und somit die Reaktion unterbunden werden kann. Hinsichtlich dieser Erkenntnisse kann eine inkrementelle Turn-Antizipation einen kontinuierlichen Einfluss auf die Antwortvorbereitung nehmen.

Mit dem elektrophysiologisch gemessenen BP-onset von 1452 ms vor dem Satzende unterstützt dieses wieder das generelle Model der Turn-End Antizipation von Sacks et al. (1974) und widerspricht dem Reaktionsmodel von Duncan und Fiske (1977). In einer Metaanalyse von Indefrey (2011) über Wortproduktion haben die Autoren zusammengefasst, dass die Zeit vom mentalen Konzept bis zu der eigentlichen Artikulation mindestens 600 ms beträgt. Mit einem BP-onset von 1452 ms vor der Reaktion auf einen intakten Satz aus diesem Telexperiment reicht dieses nicht nur für die 120 bis 320 ms Voraktivierung bis zur Wordproduktion von Kuriki et al. (1999), sondern auch die 600 ms, die vom mentalen Konzept bis zur Artikulation benötigt werden (Indefrey 2011). Dieses trifft jedoch nur zu, wenn sich das mentale Konzept der Reaktions-Äußerung zumindest teilweise schon während des Zuhörens zu dem Turn des Gesprächspartners bildet.

Das Hauptergebnis dieses Experiments ist die Dissoziation zwischen der Antwort, gemessen an der verhaltensbezogenen Reaktionszeit (ATA) und der unbewussten Reaktionsvorbereitung, gemessen an dem BP. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass mit Hilfe des BPs bei einem syntaktischen oder semantischen Verstoß eine Verzögerung der Antwortvorbereitung bei der Turn-Antizipation nachgewiesen werden kann (Wesselmeier et al. 2013). Im Vergleich mit intakten Sätzen war das BP-onset bei Sätzen mit syntaktischen oder semantischen Verstößen signifikant verspätet. Folglich haben beide Verstoßarten einen signifikanten Effekt auf die Turn-Antizipation, und keine der Variablen kann als notwendiger Faktor für die Turn-Antizipation zurückgewiesen werden (Wesselmeier et al. 2014). Hinsichtlich einer Wechselwirkung ist nicht auszuschließen, dass eine Verstoßart eine Verschlechterung auf die Verarbeitung auf einem anderen Level verursacht. Pickering und Garrod (2007) haben argumentiert, dass Zuhörer ein schnelles Verständnis der Äußerung durch Imitation auf Sprachproduktion basierten Emulatoren erlangen. Eine solche Imitation auf verschiedenen Sprachverarbeitungsebenen erlaubt dem Sprachproduktionssystem Vorhersagen über nachfolgende Wörter. In einem

---

früheren Model gingen Pickering und Garrod (2004) schon zuvor davon aus, dass die linguistische Repräsentation der Zuhörer auf vielen verschiedenen Ebenen, wie auch die syntaktische und semantische Ebene, alignieren. Hierbei wird angenommen, dass die Alignierung auf einer Ebene die weitere Alignierung auf der nächsten Ebene ermöglicht. Im Falle einer Verarbeitungsstörung auf einer Ebene kann das ein Verarbeitungsstörungen auf einer folgenden Ebene verursachen, da eine direkte Beziehung zwischen Reparaturprozessen beim Zuhören im Dialog und bei Reparaturprozessen der Sprachproduktion besteht. Es kann davon ausgegangen werden, dass die syntaktische Analyse von semantischen Integrationsproblemen nicht beeinflusst wird, aber die semantische Integration kann von davorliegenden syntaktischen Verarbeitungsproblemen gestört werden (Hagoort 2003). Dieser Umstand kann dazu führen, dass beide Arten von Verstößen in einer Integrationsstörung der Semantik resultieren. Da die Antizipation von Folgewörtern ein durchgängiger Aspekt beim Sprachverständnis auf verschiedenen Ebenen der Sprachverarbeitung ist (Van Berkum et al. 2005) und syntaktische und semantische Prozesse sehr früh durch morpho-syntaktisches Parsen und semantische Integration interagieren, verlaufen sie parallel (Palolahti et al. 2005). Hinsichtlich dieser Annahme können die Ergebnisse dieses Experiments auch folgendermaßen interpretiert werden: Beide Verstoß-Arten verursachen ein Verarbeitungsproblem auf deren jeweiliger Ebene und bewirken ein verspätetes BP-onset. Oder aber ein verspätetes BP-onset bei Reaktionen auf einen Satz mit einem syntaktischen Verstoß wird durch ein Verarbeitungsproblem auf zwei Ebenen verursacht (syntaktisches Verarbeitungsproblem, welches gleichzeitig die semantische Integration stört). Und ein verspätetes BP-onset bei Reaktionen auf einen Satz mit einem semantischen Verstoß wird durch ein Verarbeitungsproblem alleine auf der semantischen Ebene, ohne syntaktische Verarbeitungsprobleme, verursacht (Wesselmeier et al. 2014).

Es ist zu berücksichtigen, dass die vorliegenden Ergebnisse eines verzögerten BP-onsets nach einem syntaktischen oder semantischen Verstoß kein Nachweis dafür sind, dass diese Variablen in einem intakten Satz notwendig für eine erfolgreiche Turn-Antizipation sind. Ein syntaktischer oder semantischer Verstoß hat einen anderen Einfluss auf die Sprachverarbeitung und somit auf die Turn-Antizipation als das ledigliche Fehlen von syntaktischen oder semantischen Informationen. Es kann nur geschlussfolgert werden, dass ein syntaktischer oder semantischer Verstoß die Antizipationsleistung beeinträchtigt.

---

Hinsichtlich des BPs eines Tastendruckes als belastbaren Indikator für eine verspätete Reaktionsvorbereitung in diesem Paradigma haben McArdle et al. (2009) wie auch die Ergebnisse in Telexperiment 1 gezeigt, dass ein einer Artikulation vorhergehendes BP eines Extremitätsbewegung-BPs ähnlich ist, solange das BP time-locked zu der ersten Artikulationsbewegung ist. Dementsprechend generiert ein Tastendruck plausible Unterschiede des BPs auch dann, wenn es keine natürliche Reaktion auf die Turn-Antizipation ist (Wesselmeier et al. 2014).

### **7.3 3. Teil: Vergleich der Sprachvorbereitung: Antwortreaktion „Ja“ vs. komplexe Antwort**

Das Ziel dieses Telexperiments war es, den Prozess der Antwortvorbereitung zu untersuchen und somit Einsichten über die temporalen Prozesse der Artikulationsvorbereitung zu erlangen. Des Weiteren sollte untersucht werden, ob die kognitiven Prozesse der Sprachvorbereitung schon während der Verarbeitung der Stimulus-Frage stattfindet. Die Hypothese war, dass sich bei der Sprachplanung einer formulierten Antwort die Vorbereitung der motorischen Artikulation, im Gegensatz zu einem vorgegebenen „Ja“ als Antwort, verzögert was sich in einer längeren RT zeigt. Es wird zusätzlich erwartet, dass bei einem vorgegebenen „Ja“ als Reaktion auf ein Satzende, das BP früher vor der Reaktion auftritt als bei einer formulierten Antwort. Auch eine frühzeitige Veränderung der oszillatorischen Aktivität bei formulierten Antworten sollte sich mit Hilfe der Poweranalyse nachweisen lassen.

Die Probanden unterlagen in beiden Konditionen dem gleichen Grad des Sprachverständnisses (z.B. phonetische, syntaktische und semantische Verarbeitung), um die Stimulus-Sätze zu verstehen. Doch im Gegensatz zu einer vorgegebenen Reaktion wie ein „Ja“ als Antwort, benötigt eine formulierte Antwort höhere kognitive Prozesse, um die verbale Reaktion vorzubereiten. Die RT bei Fragen, die eine formulierte Antwort benötigten waren signifikant langsamer (557 ms) als bei einem vorgegebenen „Ja“ als Reaktion. Somit wurde die Hypothese bezüglich der RT bestätigt. Diese Verzögerung kann nur durch die höheren kognitiven Prozesse der Sprachvorbereitung verursacht worden sein. Die BP-Analyse hat in diesem Zusammenhang keine Ergebnisse erzielt und dieser Teil der Hypothese konnte somit nicht bestätigt oder verworfen werden. In der darauffolgende ERPS-Analyse konnten jedoch Ergebnisse erzielt werden. Bei beiden

---

response-locked Analysen und der stimulus-locked Analyse der „Ja“-Reaktion auf eine Frage, ist ein Anstieg im Theta- und Alpha-Bereich des EEG von 100 ms bis 140 ms vor der Reaktion zu erkennen. Nur bei der stimulus-locked Analyse der Antworten auf Fragen, ist eine frühe Veränderung 520 ms vor dem durchschnittlichen Antwortanfang zu erkennen. Diese Abweichung von den anderen Ergebnissen ergibt sich aus der Standardabweichung der RT von 449 ms in dieser Kondition. Die teilweise frühen Antworten in dieser Kondition erzeugen einen frühen Anstieg im Theta- und Alpha-Bereich die sich nur bei der stimulus-locked Analyse abbildet. Somit konnte dieser Teil der Hypothese des Teilexperiments auch nicht bestätigt werden.

Eine gleichbleibend frühzeitige Aktivierung von 100 ms bis 140 ms vor der Artikulation, weist aber auf ein konsistentes Zeitintervall der Artikulationsvorbereitung hin. Das Ergebnis zeigt, dass die gefundenen ERSP-Aktivitäten mit der Vorbereitung der Artikulation korreliert und nicht mit der vorher schon bestehenden Intention zu Antworten. Dieses Ergebnis deckt sich jedoch mit den Ergebnissen in Teilexperiment 5, indem ein noch früherer Prozess der Sprachvorbereitung manipuliert wurde. Der Zusammenhang der Ergebnisse aus diesem und Teilexperiment 5 wird in der generellen Diskussion beschrieben. Eine detailliertere Spektralanalyse der höheren Frequenzbereiche im EEG könnte weiter Ergebnisse der Sprachvorbereitung erbringen. Doch da das Hauptaugenmerk dieser Arbeit bei dem Bereitschaftspotential liegt, wurde dieses nicht weiterverfolgt.

#### **7.4 4. Teil: Überprüfung des Einflusses syntaktischer Aspekte auf die Turn-Antizipation: ein vs. zwei completion points**

Das Ziel dieses Teilexperiments war es, zu untersuchen, ob Syntax auch auf eine andere Art manipuliert, als in Teilexperiment 2, einen Einfluss auf die Turn-Antizipation ausübt. Hierfür wurden Stimulus-Sätze in ihrer syntaktischen Komplexität manipuliert, indem einige einen zweiten syntaktischen completion point innerhalb des Satzes hatten. In der anderen Kondition hatten die Stimulus-Sätze den einzigen syntaktischen completion point am Ende des Satzes. Die semantische Verarbeitung wurde durch diese Manipulation nicht beeinflusst.

Die Aufgabe der Probanden war bei beiden der Konditionen die gleiche mit dem gleichen Schwierigkeitsgrad der Sprachverarbeitung. Das heißt, das gleiche Maß an Sprach-

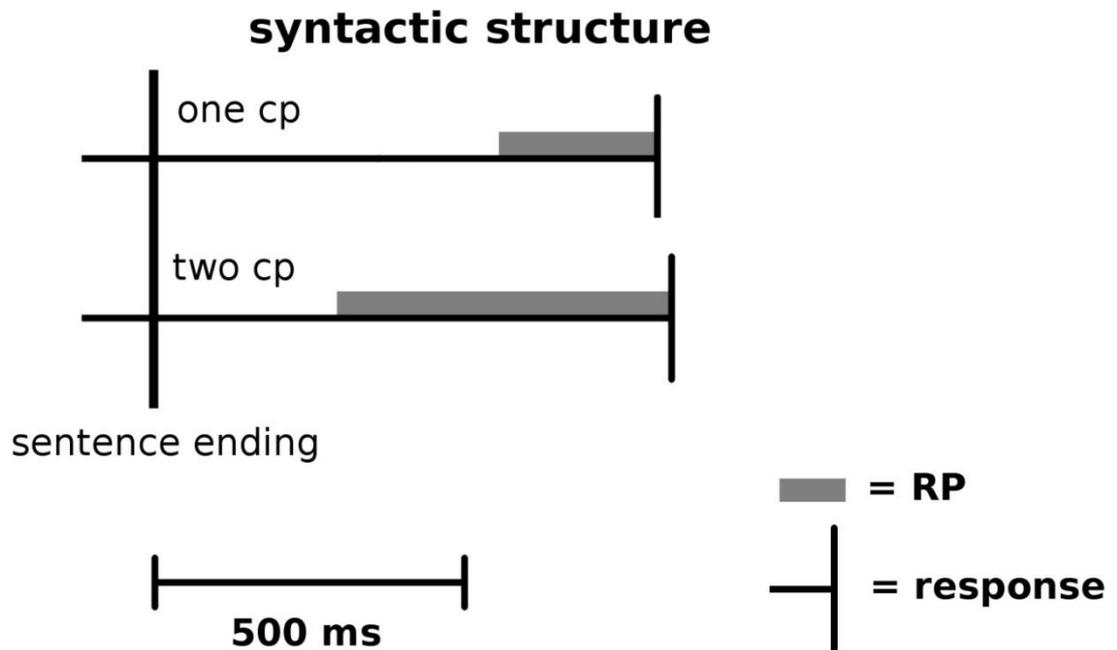
---

verständnis (z.B. phonetische, syntaktische und semantische Verarbeitung), um aus der Frage eine kohärente Repräsentation zu erzeugen. Aufgrund variierender phonologischer Artikulationsanfänge ist bei der Verwendung von EEG während der Sprachproduktion, darauf zu achten, dass eine vergleichbare Sprachausgabe zwischen den Konditionen entsteht (Ganushchak et al. 2011). Der Vorteil dieses Experimentes ist jedoch die Untersuchung psychophysiologischer Korrelate time-locked zu dem Artikulationsbeginn mit Hilfe eines voice-activation triggers. Hierdurch sind phonetische Variationen der Antworten gleichmäßig über alle Antworten und Konditionen verteilt. Dieses Verfahren ermöglicht es, das Zeitintervall vor der Artikulation, welches das BP der Artikulationsvorbereitung beinhaltet, genauer zu untersuchen. Eine Lateralisierung des BPs wurde nicht nachgewiesen, da es sich bei der Artikulation um eine bilaterale Bewegung handelt, der eine bilaterale Aktivierung vorangeht.

Das Ergebnis dieses Teilexperiments mit einer durchschnittlichen RT von 815 ms deckt sich nicht mit Heldner und Edlund's (2010) Metaanalyse von natürlichen Konversations Korpora über Turn-taking. Denn deren Untersuchung ergaben eine durchschnittliche RT variierend zwischen -460 ms und 644 ms. Diese Abweichung ist wahrscheinlich auf das experimentelle Design zurückzuführen. In einem aktiven Dialog können Zuhörer im Notfall eine überhörte oder nicht verstandene Äußerung auf Nachfrage wiederholt hören. Jedoch mussten sich die Probanden in dem experimentellen Setting, aufgrund der automatisch ausgegebene Stimulus-Satz, der Situation anpassen. Da der Stimulus-Satz nicht wiederholt werden kann, müssen die Probanden sicherstellen, dass sie den Satz vollständig zu Ende hören. Oder sie mussten zumindest solange warten, bis sie sich über den Ausgang des Stimulus-Satzes sicher waren. Zusätzlich besteht im Normalfall in einem natürlichen Dialog ein kontrolliert variierendes, aber anhaltendes Thema als Kontext welches den globalen semantischen Faktor darstellt, der aber bei den einzeln präsentierten Stimulus-Sätzen nicht gegeben war.

Wie Abbildung 32 verdeutlicht, zeigen die behavioralen Ergebnisse keinen signifikanten Unterschied der RTs zwischen den Antworten zu den Sätzen mit einem oder zwei syntaktischen CPs. Jedoch zeigen die EKP-Ergebnisse einen signifikanten Unterschied des BP-onsets der Antworten auf Fragen mit einem syntaktischen CP im Vergleich zu den BP-onsets von Antworten auf Fragen, die zwei syntaktische CPs aufweisen. Ein zweiter vorhergehender syntaktischer CP in dem Fragesatz resultierend in einem frühen Einsetzen des RPs der Antwortartikulation. Diese führt zu der Annahme, dass es bei einer

Veränderung der syntaktischen Struktur zu einer Veränderung des Sprachverständnisses kommen kann und ein Satzende schneller antizipiert wird (Wesselmeier & Müller 2015).



**Abb. 32:** Schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der BPs und der Antwortzeiten nach Stimulus-Ende. Das Satzende ist Stimulus-locked erkennbar an der durchgängigen vertikalen Linie. Das BP ist mit einem grauen Balken und der durchschnittliche Anfang der Antwort mit vertikalen Linien angegeben (Wesselmeier & Müller 2015, p. 150).

Ein erster syntaktischer CP innerhalb des Fragesatzes hat zu diesem Zeitpunkt nicht zu einem BP während der Frage geführt, welches darauf schließen lässt, dass die Probanden an dieser Stelle das Ende der Frage nicht antizipierten. Dieses kann durch andere Faktoren wie Prosodie signalisiert worden sein, indem an dem ersten syntaktischen CP die Prosodie nicht auf das Ende hindeutet und erst bei dem zweiten syntaktischen CP zusätzlich durch die Prosodie signalisiert wurde (Koiso et al. 1998). Diese Möglichkeit wird auch nochmal in dem Filtermodell von Auer (1996) verdeutlicht, in dem trotz eines syntaktischen CPs durch die Prosodie übermittelt werden kann, dass dieser Moment nicht das Ende des Turns darstellt.

Genauso wie in Teilerperiment 2 zeigt sich hierbei eine Veränderung der Antizipationsleistung durch eine syntaktische Manipulation der Stimulus-Sätze. Doch in diesem

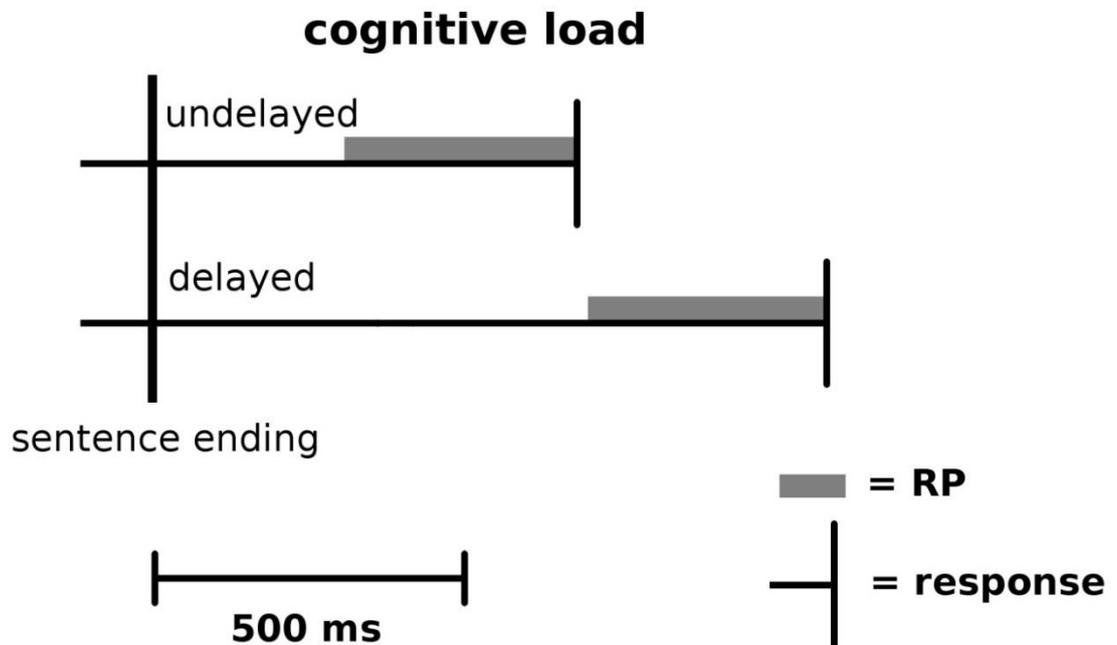
---

Teilexperiment wurden keine syntaktischen Verstöße präsentiert, sondern nur die Anzahl der möglichen syntaktischen CPs verändert. In Teilexperiment 2 war eine der Annahmen, dass das verzögerte BP-onset einer Antwort auf Stimulus-Sätze mit syntaktischen Verstößen, nur einen indirekten Einfluss auf die Antizipationsleistung hat, indem ein syntaktischer Verstoß die semantische Integration erschwert. Dieser mögliche Effekt kann in diesem Teilexperiment verworfen werden, da hierbei nur die Anzahl der möglichen syntaktischen CPs verändert wurde, ohne einen syntaktischen Verstoß zu beinhalten. Somit kann die hier manipulierte syntaktische Variable den semantischen Integrationsprozess nicht beeinflusst haben.

## **7.5 5. Teil: Überprüfung des Einflusses von high und low cognitive load auf das BP während der Turn-Antizipation**

In der letzten Hypothese ging es um die Einflüsse des cognitive load während der Turn-Antizipation. Hier wurde erwartet, dass der erhöhte cognitive load bei schwierigeren Fragen, im Gegensatz zu einfachen Fragen, die RT verlängert. Die Intervalle von BP-onset zu Stimulus-Ende sollten in beiden Konditionen jedoch gleichbleiben, da das Intervall vom Satzende bis zu der Intention zu antworten auch gleich ist. Im Gegensatz zu Teilexperiment 3, wurde in diesem Teilexperiment in keiner der Konditionen die Antwortreaktion vorgegeben und musste in beiden Konditionen vom Probanden selber entschieden werden. Genauso wie in Teilexperiment 3 zeigen die Ergebnisse in diesem Teilexperiment ein abweichendes RT zwischen den Konditionen low- und high-cognitive load. Nur das Intervall zwischen BP-onset und der Reaktion war gleichbleibend. Das Einstufen der Stimulus-Fragen in dem zuvor durchgeführten Rating, korreliert mit dem RT-Ergebnis. Fragen die als schnell beantwortbar eingestuft wurden, wurden auch schneller beantwortet und Fragen, die nach kurzer Überlegung beantwortbar eingestuft wurden, wurden nach längerer Zeit beantwortet. Dieses bedeutet, dass nur cognitive load und kein anderer Faktor der Sprachproduktion die verzögerten RTs verursacht hat. Allerdings, wie in Abbildung 33 zu sehen ist, war das response-locked BP bei den Antworten aus beiden Konditionen ähnlich und nicht signifikant unterschiedlich. Hinsichtlich des vergleichbaren Sprachverarbeitungs- und Sprachproduktionsprozesses korreliert der BP-onset mit dem Zeitpunkt, wann die Entscheidung was geantwortet werden soll, getroffen wurde und die Sprachvorbereitung der Antwort eingesetzt hat. Da

ansonsten bei dem einfachen Vorhaben zu antworten ohne eine konkrete Aussage geplant zu haben, das BP-onset in der high cognitive load Kondition früher anfangen und länger ausfallen würde.



**Abb. 33:** Schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der BPs und der Antwortzeiten nach Stimulus-Ende. Das Satzende ist Stimulus-locked erkennbar an der durchgängigen vertikalen Linie. Das BP ist mit einem grauen Balken und der durchschnittliche Anfang der Antwort mit vertikalen Linien angegeben (Wesselmeier & Müller 2015, p. 150).

Zusammengefasst ist das Intervall zwischen dem BP-onset und dem Anfang der Artikulation von der Artikulationsvorbereitung beeinflusst und nicht direkt von dem Entscheidungsprozess was zu artikulieren ist (Wesselmeier & Müller 2015). Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass der erhöhte cognitive load bei schwierigeren Fragen, im Gegensatz zu einfachen Fragen, die RT verlängert. Die Bereitschaftspotential-Intervalle blieben jedoch gleich und die Hypothese bezüglich des BPs konnte nicht bestätigt werden. Dieses lässt sich nur damit erklären, dass das BP-onset stärker mit dem Beginn der Artikulation korreliert als mit der Intention einer Äußerung. Nicht die in beiden Konditionen zum selben Zeitpunkt einsetzende Intention zu Antworten verursacht ein Ansteigen des BPs, sondern erst die Vorbereitung der Artikulation verursacht ein Ansteigen des BPs.

---

Genauso wie in Telexperiment 3 lässt dieses Ergebnis darauf schließen, dass abweichende RT-Ergebnisse aus behavioralen Turn-Antizipations-Experimenten nicht zwangsläufig von unterschiedlichen Antizipationsleistungen verursacht wurden. Identisch zu den Ergebnissen in Telexperiment 3 wurde die Antwortverzögerung in der zweiten Kondition von Antwortvorbereitungsprozessen verursacht, da das Sprachverständnis der Stimulus-Sätze bei beiden Konditionen gleichgeblieben ist.

## 7.6 Generelle Diskussion

Der Vergleich der Ergebnisse aus den verschiedenen Telexperimenten soll einen Überblick über die erlangten Erkenntnisse schaffen und im Zusammenhang mit den generellen Prozessen der Turn-Antizipation und des Turn-takings diskutiert werden. Da der Prozess der Turn-Antizipation von noch vielen anderen als den genannten Faktoren abhängig ist, gestaltet sich die Untersuchung schwierig. Zusätzlich wird nahegelegt, dass bei einer EEG-Untersuchung mit Artikulation als Reaktion, die Verbalisation möglichst gleich sein sollte (Ganushchak et al. 2011), da phonologische Variationen die Messung verfälschen können. Doch die in dieser Arbeit untersuchten Intervalle lagen vor der Artikulation, worauf die Wahl des ersten Morphems somit keinen Einfluss hatte. Ein möglicher Einfluss der morphologischen Variation wäre auch in allen Experimenten, die eine Artikulation erforderten, über alle Konditionen gleichmäßig verteilt. Die Ergebnisse aus dem ersten Telexperiment zeigen, dass im Vergleich zu den bisherigen behavioralen Experimenten, die Ableitung und Analyse des BPs der Artikulation sowie des Tastendrucks als Antwort, Einblicke in die temporale Vorbereitung der Antwort und somit der Antizipation ermöglichen. Die behavioralen Daten zeigen zwar wann die bewusste Ausführung der Antwort durchgeführt wurde, aber nur mit der Analyse des BPs konnte ein Einblick in die bewusste und auch teils vorbewusste Vorbereitung der Antwort erhalten werden. Es wurde gezeigt, dass ein response-locked BP der motorischen Vorbereitung auf einen Tastendruck, um die Antizipation des Satzendes zu signalisieren, als vorbewusstes psychophysiologisches Maß für die Untersuchung der Turn-Antizipation genutzt werden kann. Der Vergleich des BPs der beiden Antwortarten (Tastendruck) und (Artikulation) zeigte, dass beide für die Untersuchung der Antizipationsleistung herangezogen werden können. Grundlegend konnte in diesen Experimenten festgestellt werden, dass ein BP eines Tastendrucks, welches schon 1452 ms vor Stimulus-Ende anfängt, nicht als Reaktion auf das Satzende gesehen werden kann

---

(Jansen et al. 2013; Müller et al. 2013) und ist somit ein Nachweis für die Annahme der Antizipation. Dieses spricht gegen die von Duncan und Fiske (1977) vertretene Signal- oder Reaktionstheorie, in der die Rezipienten mit Hilfe von Signalen des aktuellen Sprechers den Turn-Ende signalisiert bekommen. Es spricht stattdessen für die Projektionstheorie (Sacks et al 1974), in der die Rezipienten aufgrund der Turn-Struktur antizipieren können, wann die Äußerung des aktuellen Sprechers enden wird. Zusätzlich konnte in den erfolgten Experimenten durch Manipulation der Antizipationsleistung das BP-onset bei beiden Antwortarten verzögert gemessen werden. Das bedeutet, dass das BP einer Artikulation genauso gut wie das BP eines Tastendrucks für weitere Experimente verwendet werden kann. Hinsichtlich der Methode wäre die Anzahl der Ereignisse des EKPs im EEG in den einzelnen Telexperimenten für die Analyse höher kognitiver Prozesse (z.B.: N400, P600) zu gering. Für die Analyse des BPs im EEG sind sie aber ausreichend, da es schon Untersuchungen gab, in denen einzelne Ereignisse für die Analyse des BPs erfolgreich herangezogen wurden (Bryce et al. 2011). Auch eine große Anzahl an brain-computer Interface Experimenten, die das BP als Einzelereignisse für die Onlinekommunikation zwischen Mensch und Computer verwenden (z.B. Blankertz et al. 2006), zeigen, dass für die erfolgreiche Analyse des BPs nicht viele Ereignisse im EEG benötigt werden.

Eines der Hauptziele dieses Experiments war es, zu überprüfen, welchen Einfluss die Faktoren „Syntax“ und „Semantik“ auf die Antizipation eines Satzendes haben. Mit Hilfe des Bereitschaftspotentials als psychophysiologischer Indikator konnte in Telexperiment 2 erstmals nachgewiesen werden, dass ein syntaktischer wie auch semantischer Verstoß die Antizipation des Turn-Endes verzögert. Wie in der Hypothese vermutet, trat das BP-onset bei Reaktionen auf syntaktisch oder semantisch veränderten Stimulus-Sätzen signifikant verspätet auf (Müller et al. 2012; Wesselmeier et al. 2013) und die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse deuten darauf hin, dass beide Faktoren „Syntax“ und „Semantik“ einen Einfluss auf die Antizipation des Satzendes ausüben. Dieses war nicht in der Form von behavioralen Reaktionszeit-Experimenten nachweisbar, sondern konnte nur in den psychophysiologischen Ergebnissen nachgewiesen werden. Unklar blieb bei diesem Telexperiment, ob beide Arten von Verstößen den gleichen direkten Einfluss auf die Antizipationsleistung haben oder ob ein Verstoß der einen Kategorie eine Verarbeitungsstörung in der anderen Kategorie verursacht. Trotz eines syntaktischen oder semantischen Verstoßes innerhalb der Stimulus-Sätze ist davon auszugehen, dass die Probanden anhand der Informationen aus dem restlichen Verlauf der Sätze, das Satzende

---

immer noch erfolgreich antizipieren konnten. Pickering und Garrod (2007) argumentierten, dass es Rezipienten durch die Verwendung von Emulatoren basierend auf der Sprachproduktion ermöglicht wird, die gehörte Äußerung auf mehreren linguistischen Ebenen zu imitieren und somit besser und schneller zu verarbeiten. Die verbleibenden Informationen könnten z.B. von der prosodischen Struktur entnommen worden sein, um das Satzende zu antizipieren oder sogar mit Hilfe dieser Emulatoren für Reparaturprozesse verwendet worden sein. Die Störung der Verarbeitung durch einen syntaktischen oder semantischen Verstoß ist ungleich einer fehlenden Information der jeweiligen Kategorie, welches die Verarbeitung stört. In einem natürlichen Dialog werden auch vereinzelt z.B. syntaktische Fehler produziert, die aber in der Regel, wenn nicht von dem Sprecher, von dem Rezipienten erkannt und korrigiert werden können. Da die Stimulus-Sätze im Telexperiment pseudo-randomisiert präsentiert wurden, kann ein Gewöhnungseffekt auf eine Kategorie oder die Vorhersage, welche Kategorie als nächstes präsentiert wird, ausgeschlossen werden. Auch die Position der manipulierten Wörter innerhalb der Stimulus-Sätze könnte einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben. Eine andere Struktur, in der die Verstöße am Ende des Satzes sind, könnte mit Hilfe der BP-onset Messung weitere Aufschlüsse über die Einflüsse der Verstoßarten auf die Antizipation geben. Da die Verstöße bei den verwendeten Stimuli, innerhalb der Stimulus-Sätze lagen, können den Probanden anhand des restlichen Satzverlaufes noch genügend Informationen für Reparaturprozesse zur Verfügung stehen. Im Falle eines Verstoßes am Ende des Stimulus-Satzes, können für eventuelle Reparaturen nur auf die zuvor gehörten Informationen zurückgegriffen werden. Das Fehlen von Folgeinformationen, würde möglicherweise somit den Effekt eines Verstoßes verstärken.

Die verbleibende Frage aus Telexperiment 2, ob syntaktische Merkmale einen eigenen Einfluss auf die Turn-Antizipation ausüben oder nur einen indirekten Einfluss durch Störung der semantischen Integration nehmen, wurde in Telexperiment 4 überprüft. In einem früheren Experiment wurde gezeigt, dass Semantik einen größeren Einfluss auf die Turn-Antizipation hat als Syntax (Riest et al. 2015). Um dennoch nachzuweisen, dass syntaktisch manipulierte Stimulus-Sätze einen Einfluss auf die Turn-Antizipation haben, wurden Stimulus-Sätze mit einem oder zwei syntaktischen completion points präsentiert. Reaktionen auf Stimulus-Sätze mit nur einem syntaktischen completion point erzeugten ein signifikant späteren BP-onset als Reaktionen mit zwei syntaktischen completion points. Aus dieser Beobachtung wurde geschlossen, dass Satzenden von Stimulus-Sätzen mit zwei syntaktischen completion points besser antizipiert werden können.

---

Hiermit konnte gezeigt werden, dass syntaktische Merkmale einen eigenen Einfluss auf die Turn-Antizipation ausüben. Somit konnte die Annahme aus Telexperiment 2, dass ein syntaktischer Verstoß nur indirekten Einfluss auf die Turn-Antizipation ausübt, indem eine syntaktische Verarbeitungsstörung die semantische Integration beeinflusst, verworfen werden. Ob das Hinzufügen oder Entfernen eines syntaktischen completion points die Prosodie verändert hat, was wiederum die Turn-Antizipation beeinflusst hat, kann hierbei nicht ausgeschlossen werden. Da die Prosodie einen unterstützenden Einfluss auf die Turn-Antizipation hat (Auer 1996), wäre dieses in Experimenten, in denen zusätzlich die Prosodie der Stimulus-Sätze herausgefiltert wurde, zu prüfen.

Um die EEG-Ergebnisse von den bis jetzt erläuterten Telexperimenten besser interpretieren zu können, ist es vonnöten zu wissen, wann genau vor einer Artikulation das BP-onset auftritt. Bei einem Tastendruck ist das BP-onset schon, bei der Intention die Bewegung auszuführen, zu erkennen (Kornhuber & Deecke 1965). In einer solchen Situation ist der Bewegungsablauf von vornherein vorgegeben. Im Telexperiment 1 wurde nachgewiesen, dass sich das BP bei einer vorgegebenen Antwort („Ja“) ähnlich verhält. Nur wie verhält es sich bei der Intention einer Artikulation, dessen Wortlaut noch nicht geplant ist? Um dieses zu untersuchen, sollten sich die Probanden im Telexperiment 3 in einer Kondition frei äußern und in der anderen Kondition wurde ihnen wieder ein festgelegtes „Ja“ als Antwort vorgegeben. Dieses „Ja“ als Reaktion wurde vorgegeben, um Antwort-Vorbereitungsprozesse als zusätzlichen Faktor zu unterbinden. Nur in der Kondition, in der die Probanden sich frei äußern konnten, waren somit vorrausgehende Antwort-Vorbereitungsprozesse vorhanden. In der Analyse des BPs der beiden Konditionen konnte das BP-onset auf Grund der unspezifischen EKP-Kurve nicht differenziert werden. Doch die ERSP-Analyse hat eine bewegungskorrelierte-Aktivierung ungefähr 100 ms vor beiden Arten der Antwort ergeben. Die Hypothese zu diesem Telexperiment wurde damit nicht bestätigt, da bei einer vorgegebenen Reaktion eine frühere Aktivierung erwartet wurde. Aus diesem Ergebnis lässt sich schließen, dass die Aktivierung im EEG nur mit der Artikulation und nicht durch die Intention einer Äußerung korreliert. Dieses Ergebnis ist allerdings plausibel, wenn man es mit dem Ergebnis aus Telexperiment 5 vergleicht. Hier sollten die Probanden in beiden Konditionen eine frei formulierte Antwort geben. Die manipulierte Variable war, dass die Probanden für die Antworten auf die Hälfte der Fragen längere Reaktionszeiten benötigten, da diese mehr cognitive load für die Antwortfindung beanspruchten. Alleine an den RT-Ergebnissen konnte nachgewiesen werden, dass abweichende Reaktionszeiten

---

aus Turn-taking-Situationen nicht zwangsläufig abweichender Turn-Antizipationsleistung entspricht. Die Verzögerungen mancher Turn-Wechsel entstanden nur auf Grund unterschiedlich aufwändiger Antwortfindung als Sprachvorbereitungsprozess. Die EEG-Ergebnisse in diesem Telexperiment decken sich mit denen aus Telexperiment 2. Auch hier wurde, trotz signifikant unterschiedlicher RT-Ergebnisse zwischen den beiden Konditionen, gleichbleibende BP-onset zu Artikulation Intervalle gefunden. Dieses bestätigt wieder, dass das BP-onset mit der Vorbereitung der Artikulation und nicht der Intention einer Äußerung korreliert. Dieses könnte durch die Bewegung der Artikulation selbst oder möglicherweise auch durch gewisses Atemverhalten kurz vor der Artikulation evoziert worden sein. Das Ergebnis lässt schlussfolgern, dass für die Messung und dem Vergleich der Antizipationsleistung in verschiedenen Kondition, ein Tastendruck als Reaktion zu bevorzugen ist. Dennoch war es in Telexperiment 4 möglich, durch Manipulation der syntaktischen Struktur, unterschiedliche BP-onset zu Artikulation Intervalle bei gleichbleibender RT zu finden. Dieser Unterschied von 285 ms ist zwar signifikant, ist aber deutlich geringer als die der Vergleiche durch Tastendruck evozierten BPs von Kontrollätzen zu Sätzen mit syntaktischem Verstoß (530 ms verspätet) und semantischem Verstoß (500 ms verspätet). In dieser Gegenüberstellung gibt es einige Variablen, die zwischen den Telexperimenten voneinander abweichen und die die Stärke der gemessenen Unterschiede beeinflusst haben. Zum einen wurde bei dem Vergleich der BP-onsets, von Stimulus-Sätzen mit Verstoß zu intakten Stimulus-Sätzen, die segmented Regression Methode und bei dem Vergleich zwischen Sätzen mit einen oder zwei syntaktischen completion points die criteria-based Methode für die Onset-Bestimmung verwendet. Zum anderen ist es möglich, dass der geringere Unterschied des BP-onsets durch die Art der Reaktion verursacht worden ist. Wie schon erwähnt, korreliert das BP-onset bei einer verbalen Reaktion mehr mit der Artikulationsvorbereitung als mit der Intention einer Äußerung. Die Messung der unterschiedlichen BP-onset-Intervalle in Telexperiment 4 und der unveränderten BP-onset-Intervalle in Telexperiment 5 ist nur dann plausibel, wenn zwischen zwei verschiedenen Situationen der Intention einer Äußerung unterschieden wird. Eine in der die Äußerung schon geplant ist und eine andere, in der die Äußerung noch nicht geplant ist. Hierbei tritt die Differenz des BP-onset-Intervalls nur bei einer Intention, in der die Äußerung schon geplant ist, auf. Dieses ist in Telexperiment 4 der Fall und die gemessenen BP-onset Unterschiede wurden durch abweichende Antzipationsleistungen verursacht. Wohingegen bei der reinen Intention einer Reaktion, in der die Äußerung noch nicht geplant ist, das BP-onset nicht einsetzt.

---

In dieser Situation setzt das BP-onset erst bei der Intention in Kombination mit Abschluss der Äußerungsplanung ein. Dieses ist in Telexperiment 5 der Fall, da die Intention gleichbleibend früh besteht und sich nur die Äußerungsplanung durch die Entscheidungsfindung was geäußert werden soll, verzögert.

Generell ist zu berücksichtigen, dass die Antizipation eines Satzendes nicht der gleiche Prozess ist wie bei der Antizipation eines Turn-Endes. In dem experimentellen Setting dieser Arbeit hatten die Probanden die Information, dass sie immer nur das Ende eines Satzes antizipieren sollten. Dieses hat den Probanden möglicherweise einen Vorteil gegenüber der Turn-Antizipation in einem Dialog verschafft. Andererseits sollte man davon ausgehen, dass das Ende eines eigenständigen Satzes mit fehlendem Kontext als semantische Komponente schlechter zu antizipieren ist. Nach Ford und Thompson's (1996) Bewertung, besteht am Ende der verwendeten Stimulus-Sätze in dieser Arbeit wahrscheinlich nur ein pragmatisch lokaler completion point und keinen pragmatisch globaler completion point. Auch wenn Magyari und de Ruiter (2012) argumentierten, dass das Ende von einzeln präsentierten Stimulus-Sätzen ohne Kontext akkurat antizipiert werden kann, gehört dieses nicht zu einer natürlichen Turn-Wechsel-Situation. Der nächste Schritt bei der Untersuchung der Turn-Antizipation mit Hilfe EEGs, wäre ein Dialog zwischen zwei Personen, in dem bei einem oder sogar bei beiden Interaktanten eine EEG-Ableitung während des Dialoges stattfindet. Hierbei müssten die kritischen Events von z.B. Turn-Ende und Turn-Anfang in den EEG-Daten nachträglich für die Analyse markiert werden.

Aus den hier gewonnenen Ergebnissen und der vorherrschenden Literatur ist ersichtlich, dass es sich bei den untersuchten Kategorien um Faktoren handelt, die nicht selbständig als Turn-Antizipation-ermöglichende Faktoren fungieren, sondern es sich mehr aus einem Zusammenspiel vieler Faktoren, wie die der untersuchten, aber auch anderen Faktoren wie z.B. Prosodie, Intonation und Pragmatik handelt. Nachfolgende Studien können z.B. ein ähnliches Paradigma mit intakten Stimuli, aber verschiedenen Graden von syntaktischer Komplexität oder hoher und niedriger semantischer Wahrscheinlichkeit des Aussageverlaufes, haben.

Letztendlich hat sich das in dieser Arbeit verwendete Bereitschaftspotential, als psychophysiologisches Maß der Sprachvorbereitung bei einem Sprecherwechsel, als solider Indikator der Antwortvorbereitung gezeigt. In den verschiedenen Telexperimenten wurde das BP bei einfachem Tastendruck, kurzer verbaler Signalisierung „Ja“ und

---

vollständig formulierter Antworten erfolgreich gemessen und für die Interpretation des Antwortvorbereitungsprozesses herangezogen. Auch der Nachweis, dass das BP erst bei Artikulationsvorbereitung und nicht bei generellem Vorhaben einer Äußerung auftritt, ermöglicht eine spezifischere Interpretation des BP's einer Antwortvorbereitung in Dialogexperimenten. Daher kann das BP für weitere Paradigmen für die Untersuchung des Sprecherwechsels verwendet werden, um einen besseren Einblick in die Prozesse der Turn-Antizipation zu erhalten.

## **8. Zusammenfassung**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Turn-Antizipation im Dialog. Das Ziel war es, in erster Linie zu überprüfen, welchen Einfluss die Faktoren „Syntax“, „Semantik“ und „cognitive load“ auf die Antizipation eines Satzendes und deren Antwortvorbereitung haben. Mit Hilfe der neurolinguistischen Untersuchungen sollten weitere Details dieses Prozesses erforscht werden, welche mit psycholinguistischen (behavioralen) Untersuchungen so nicht nachzuweisen waren. Hieraus ergibt sich das sekundäre Ziel dieser Arbeit, mit dem belegt werden soll, dass die Onset-Bestimmung des Bereitschaftspotentials ein zuverlässiges psychophysiologisches Maß für die Untersuchung der Antizipationsleistung ist. Das zweite sekundäre Ziel war es, anhand der gewonnenen Ergebnisse einen Nachweis zu finden, der die generelle Theorie der Turn-Antizipation im Dialog unterstützt. Hierfür nahmen 30 Personen (17 Frauen und 13 Männer) im Alter von 19 bis 35 Jahren an einer EEG-Untersuchung, die aus insgesamt 5 Telexperimenten bestand, teil. Hierbei wurde erstmals das BP von Tastendruck und Artikulation erfolgreich für die Untersuchung der Antizipationsleistung verwendet. Die gewonnenen Ergebnisse aus der vorliegenden Arbeit sprechen dafür, dass Stimulus-Sätze mit einem syntaktischen oder semantischen Verstoß, den Prozess der Turn-Antizipation beeinflussen. Ob die verwendeten Verstöße der jeweiligen Kategorie einer moderaten Sprachverarbeitungserschwerung entsprechen oder eine für normale Sprachverarbeitung unverhältnismäßige Störung darstellt, wäre noch zu überprüfen. Mit dem ebenfalls manipulierten Faktor „Syntax“ konnte gezeigt werden, dass nicht nur ein Verstoß, sondern auch die Anzahl der completion points einen Einfluss auf die Antizipationsleistung hat. Bei Stimulus-Sätzen mit einem zweiten syntaktischen completion point war das BP-onset der Antwortreaktion signifikant früher zu registrieren, was auf eine verbesserte Antizipationsleistung hinweist. Es wurde desweiteren nachgewiesen, dass der BP-onset erst bei der Vorbereitung der Artikulation und nicht schon bei der Intention

einer Äußerung anfängt. Dieses hatte zur Folge, dass bei verzögerten Antworten durch erhöhten cognitive load sich für die Antwortvorbereitung ähnlich langes Intervall „BP-onset zu Antwortreaktion“ entwickelt. Das in vielen Telexperimenten schon über 1 Sekunde vor dem Stimulus-Ende einsetzende Bereitschaftspotential spricht gegen die Reaktionstheorie (Duncan & Fiske 1977), in der die Rezipienten mit Hilfe von Signalen des aktuellen Sprechers das Turn-Ende signalisiert bekommen, und für die Projektionstheorie (Sacks et al. 1974), in der die Rezipienten das Turn-Ende aufgrund der Turn-Struktur antizipieren können.

## 9. Literaturverzeichnis

- Auer, P. (1996). On the prosody and syntax of turn-continuations. In: E. Couper-Kuhlen & M. Selting (Eds.), *Prosody in Conversation*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 57–100.
- Bastiaansen, M., Mazaheri, A. & Jensen, O. (2012). Beyond ERPs: Oscillatory neuronal dynamics. In: S. J. Luck & E. S. Kappenmann (Eds.). *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford: Oxford University Press, pp. 31–49.
- Beebe, B., Alson, D., Jaffe, J., Feldstein, S. & Crown, C. (1988). Vocal congruence in mother–infant play. *Journal of Psycholinguistic Research*, 17: 245–259.
- Bentin, S., Kutas, M. & Hillyard, S. (1995) Semantic processing and memory for attended and unattended words in dichotic listening: behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception Performance*, 21 (1): 54–67.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (1996). *Biologische Psychologie*. (3. Aufl.) Berlin: Springer.
- Blankertz, B., Dornhege, G., Lemm, S., Krauledat, M., Curio, G. & Müller, K. R. (2006). The Berlin Brain-Computer Interface: Machine Learning Based Detection of User Specific Brain States. *J. UCS*, 12 (6): 581–607.
- Brinker, K. & Sager, S. F. (2010). *Linguistische Gesprächsanalyse. Eine Einführung. Grundlagen der Germanistik* (5. Auflg.). Berlin: Schmidt.
- Brain Products (2006). Solutions for neurophysiological research. Benutzerhandbuch.
- Brunia, C. H. M., Boxtel, G. J. M. & Böcker, K. B. E. (2012). Negative slow waves as indices of anticipation: the Bereitschaftspotential, the contingent negative variation, and the stimulus-preceding negativity. In: S. J. Luck, E. S. Kappenmann, *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford: Oxford University Press, pp. 189–207.
- Bryce, D., Szűcs, D., Soltész, F. & Whitebread, D. (2011). The development of inhibitory control: an averaged and single-trial lateralized readiness potential study. *Neuroimage*, 57 (3): 671–685.
- Caspers, J. (2003). Local speech melody as a limiting factor in the turn-taking system in Dutch. *Journal of Phonetics*, 31: 251–276.
- Deecke, L., Scheid, P. & Kornhuber, H. H. (1969). Distribution of readiness potential, pre-motion positivity, and motor potential of human cerebral cortex preceding voluntary finger movements. *Experimental Brain Research*, 7: 158–168.
- 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: 9–21.

- 
- Delorme, A., Sejnowski, T. & Makeig, S. (2007). Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis. *Neuroimage*, 34 (4): 1443–1449.
- De Jong, R., Coles, M. G., Logan, G. D. & Gratton, G. (1990). In search of the point of no return: The control of response processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16: 164–182.
- De Ruiter, J. P., Mitterer, H. & Enfield, N. J. (2006). Projecting the end of a speaker's turn: A cognitive cornerstone of conversation. *Language*, 515–535.
- Dumas, G., Nadel, J., Soussignan, R., Martinerie, J. & Garnero, L. (2010). Inter-brain synchronisation during social interaction. *PLoS ONE*, 5 (8): 1–10.
- Duncan, S. (2008). On the structure of speaker-auditor interaction during speaking turns. *Language in Society*, 3: 161–180.
- Duncan, S. & Fiske, D. W. (1977). *Face-to-face interaction: Research, methods and theory*. Lawrence Erlbaum Associates Hillsdale, N. J.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J. & Hoormann, J. (1994). Effects of choice complexity on different subcomponents of the late positive complex of the event-related potential. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 92: 148–160.
- Federmeier, K. D., Wlotko, E. W., De Ochoa-Dewald, E. & Kutas, M. (2007). Multiple effects of sentential constraint on word processing. *Brain Research*, 1146: 75–84.
- Finke, P. (2009). Innenansicht und Aussenansicht. Was ist Linguistik? In: H. M. Müller (Hrsg.), *Arbeitsbuch Linguistik*. (2. Aufl.) Paderborn: Schöningh, pp. 33–46.
- Flohr, H. & Lobin, H. (2009). Die Struktur von Sätzen: Syntax In: H. M. Müller (Hrsg.), *Arbeitsbuch Linguistik*. (2. Aufl.) Paderborn: Schöningh, pp. 125–147.
- Ford, C. E. & Thompson, S. A. (1996). Interactional units in conversation: syntactic, intonational, and pragmatic resources for the management of turns. *Studies in interactional sociolinguistics*, 13: 135–184.
- Furchner, I. (2009). Gespräche im Alltag – Alltag im Gespräch: Die Konversationsanalyse. In: H. M. Müller (Hrsg.), *Arbeitsbuch Linguistik*. (2. Aufl.) Paderborn: Schöningh, pp. 306–328.
- Freeman, J. B., Ambady, N., Midgley, K. J. & Holcomb, P. J. (2011). The real-time link between person perception and action: Brain potential evidence for dynamic continuity. *Social Neuroscience*, 6: 139–155.
- Friederici, A. D. (1995). The time course of syntactic activation during language processing: A model based on neuropsychological and neurophysiological data. *Brain and language*, 50 (3): 259–281.
- Friederici, A. D. & Alter, K. (2004). Lateralization of auditory language functions: a dynamic dual pathway model. *Brain and language*, 89: 267–276.
- Galgano, J. & Froud, K. (2008). Evidence of the voice-related cortical potential: An electroencephalographic study. *Neuroimage*, 41: 1313–1323.

- 
- Ganushchak, L. Y., Christoffels, I. K. & Schiller, N. O. (2011). The use of electroencephalography in language production research: a review. *Frontiers in psychology*, 2: 208.
- Gerloff, C. (2005). Ereignis-korrelierte Potenziale (EKP). In: M. Stöhr, J. Dichgans, U. Büttner & C. W. Hess. *Evozierte Potenziale: Sep-Vep-Aep-Ekp-Mep*. Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 499–537.
- Grosjean, F. (1996). Using prosody to predict the end of sentences in english and french: Normal and brain-damaged subjects. *Language and Cognitive Processes*, 11: 107–134.
- Grözing, B., Kornhuber, H. H., Kriebel, J. & Murata, K. (1972). *Menschliche Hirnpotentiale vor dem Sprechen*. Pflügers Arch, 332, R100.
- Grözing, B., Kornhuber, H. H., Kriebel, J. & Murata, K. (1974). Cerebral potentials during respiration and preceding vocalization. In: *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. Ireland: Elsevier, pp. 435–435.
- Grözing, B., Kornhuber, H. H. & Kriebel, J. (1975). Methodological problems in the investigation of cerebral potentials preceding speech: determining the onset and suppressing artefacts caused by speech. *Neuropsychologia*, 13 (3): 263–270.
- Habets, B., Jansma, B. M. & Münte, T. F. (2008). Neurophysiological correlates of linearization in language production. *BMC neuroscience*, 9 (1): 1.
- Hagemann, J. & Rolf, E. (2001). Die Bedeutung der Sprechakttheorie für die Gesprächsforschung. In: K. Brinker, G. Antos, W. Heinemann & S. F. Sager (Hrsg.), *Text- und Gesprächslinguistik. Ein internationales Handbuch zeitgenössischer Forschung*. Berlin: de Gruyter, pp. 885–896.
- Hagoort, P. (2003). Interplay between syntax and semantics during sentence comprehension: ERP effects of combining syntactic and semantic violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15: 883–899.
- Hagoort, P., Wassenaar, M., & Brown, C. M. (2003). Syntax-related ERP-effects in Dutch. *Cognitive Brain Research*, 16 (1): 38–50.
- Hari, R. & Kujala, M. V. (2009). Brain basis of human social interaction. From concepts to brainimaging. *Psychological Review*, 89: 453–479.
- Heckmann, M. & Dudel, J. (2000). Erregungsleitung und synaptische Übertragung. In: R. F. Schmidt & H. G. Schaible. (Hrsg.) *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Berlin: Springer.
- Heldner, M. & Edlund, J. (2010). Pauses, gaps and overlaps in conversations. *Journal of Phonetics*, 38: 555–568.
- Holcomb, P. J. & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decision - a comparison using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5: 281–312.

- 
- Hickok, G. (2001). Functional anatomy of speech perception and speech production. Psycholinguistic implications. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30 (3): 225–235.
- Hickok, G. & Poeppel, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (4): 131–138.
- Indefrey, P. (2011). The spatial and temporal signatures of word production components: a critical update. *Frontiers in psychology*, 2: 1–16.
- Indefrey, P. & Levelt, W. J. M. (2004). The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, 92: 101–144.
- Jansen, S., Wesselmeier, H., de Ruiter, J. & Müller, H. M. (2014). Using the readiness potential of button-press and verbal response within spoken language processing. *Journal of Neuroscience Methods*, 232: 24–29.
- Jansen, S., Wesselmeier, H. & Müller, H. M. (2013). Turn-anticipation in dialogue: an EEG-study. *Human Cognitive Neurophysiology*, 6 (1): 34.
- Jansen, S., Wesselmeier, H. & Müller, H. M. (2013). EEG-Responses to turn-taking anticipation in communication. Presented at the *Controversies in Neurology (CONy)*, Istanbul, Turkey.
- Jasper, H. H. (1958). The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10: 371–375.
- Jung, T. P., Makeig, S., Humphries, C., Lee, T. W., Mckeown, M. J., Iragui, V. & Sejnowski, T. J. (2000). Removing electroencephalographic artifacts by blind source separation. *Psychophysiology*, 37 (2): 163–178.
- Jung, T. P., Makeig, S., Westerfield, M., Townsend, J., Courchesne, E. & Sejnowski, T. J. (2000). Removal of eye activity artifacts from visual event-related potentials in normal and clinical subjects. *Clinical Neurophysiology*, 111 (10): 1745–1758.
- Koiso, H., Horiuchi, Y., Tutiya, S., Ichikawa, A. & Den, Y. (1998). An analysis of turn-taking and backchannels based on prosodic and syntactic features in Japanese map task dialogs. *Language and speech*, 41 (4): 295–321.
- Kornhuber, H. H. & Deecke, L. (1965). Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, 284: 1–17.
- Kuriki, S., Mori, T. & Hirata, Y. (1999). Motor planning center for speech articulation in the normal human brain. *NeuroReport*, 10: 765–769.
- Kutas, M. & Donchin, E. (1974). Studies of squeezing: Handedness, responding hand, response force, and asymmetry of readiness potential. *Science*, 186: 545–548.
- Kutas, M. & Federmeier, C. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (12): 463–470.

- 
- Kutas, M. & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event related brain potential (ERP). *Annual review of psychology*, 62: 621–627.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427): 203–205.
- Kutas, M. & Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics Electrified: Event-related potential investigations. In: M. A. Gernsbacher (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics*, Academic Press.
- Kutas, M. Van Petten, C. & Kluender, R. (2005). Psycholinguistics Electrified II. To appear in Gernbach, M.A. & Traxler, M. (Eds.), *Handbook of Psycholinguistics*, 2nd edition. New York: Elsevier.
- Lehmann, D. (1987). *Principles of Spatial Analysis*. In: A. S. Gevins & A. Remond (Eds.). *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neuropsychology. Vol.1: Methods of Analysis of Brain Electrical and Magnetic Signals*. Amsterdam: Elsevier, pp. 309–354.
- Lehmann-Horn F. (2011). Motorische Systeme. In: Schmidt, R. F., Lang, F. & Heckmann, M. (Hrsg.). *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie*. Springer-Verlag Leuthold, pp. 144–183.
- Leuthold, H., Sommer, W. & Ulrich, R. (1996). Partial advance information and response preparation: Inferences from the lateralized readiness potential. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125: 307–323.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT press.
- Magne, C., Astésano, C., Aramaki, M., Ystad, S., Kronland-Martinet, R. & Besson, M. (2007). Influence of syllabic lengthening on semantic processing in spoken French: behavioral and electrophysiological evidence. *Cerebral cortex*, 17(11): 2659–2668.
- Magyari, L., Bastiaansen, M. C. M., de Ruiter, J. P. & Levinson, S. C. (2011). Neuronal correlates of anticipation related to turn-taking in conversations. Poster presented at Conference: *Architectures and Mechanisms for Language Processing*, 2011, Paris, France.
- Magyari, L., Bastiaansen, M. C., de Ruiter, J. P. & Levinson, S. C. (2014). Early anticipation lies behind the speed of response in conversation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26 (11): 2530–2539.
- Magyari, L. & De Ruiter, J. P. (2008). Timing in conversation: The anticipation of turn endings. Proceedings of the *12th Workshop on the Semantics and Pragmatics of Dialogue*, pp. 139–146.
- Magyari, L. & De Ruiter, J. P. (2012). Prediction of turn-ends based on anticipation of upcoming words. *Frontiers in Psychology*, 3: 376.
- Malle, B. (2002). The relation between language and theory of mind in development and evolution. In: T. Givon & B. Malle (Eds.), *The evolution of language out of pre-language*. Amsterdam: Benjamins, pp. 265–284.

- 
- Mandel, A., Bourguignon, M., Parkkonen, L. & Hari, R. (2016). Sensorimotor activation related to speaker vs. listener role during natural conversation. *Neuroscience letters*, 614: 99–104.
- Masaki, H., Wild-wall, N., Sangals, J. & Sommer, W. (2004). The functional locus of the lateralized readiness potential. *Psychophysiology*, 41: 220–230.
- Masuda, T., Russell, M. J., Chen, Y. Y., Hioki, K. & Caplan, J. B. (2014). N400 incongruity effect in an episodic memory task reveals different strategies for handling irrelevant contextual information for Japanese than European Canadians. *Cognitive neuroscience*, 5 (1): 17–25.
- McArdle, J. J., Mari, Z., Pursley, R. H., Schulz, G. M. & Braun, A. R. (2009). Electrophysiological evidence of functional integration between the language and motor systems in the brain: A study of the speech Bereitschaftspotential. *Clinical Neurophysiology*, 120: 275–284.
- McCarthy, G. & Nobre, A. C. (1993) Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*. 88: 210–219.
- McNeill, D. (1992). *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. University of Chicago press.
- Meyer-Lindenberg, A. (2010). From maps to mechanisms through neuroimaging of schizophrenia. *Nature*, 468: 194–202.
- Michalewski, H. J., Weinberg, H. & Patterson, J. V. (1977). The contingent negative variation (CNV) and speech production: slow potentials and the area of Broca. *Biological Psychology*, 5: 83–96.
- Miller, J., Patterson, T. & Ulrich, R. (1998). Jackknife-based method for measuring LRP onset latency differences. *Psychophysiology*, 35: 99–115.
- Mordkoff, J. T. & Gianaros, P. J. (2000). Detecting the onset of the lateralized readiness potential: A comparison of available methods and procedures. *Psychophysiology*, 37: 347–360.
- Müller, H. M. (1990). *Sprache und Evolution: Grundlagen der Evolution und Ansätze einer evolutionstheoretischen Sprachwissenschaft*. Berlin. Walter de Gruyter.
- Müller, H. M. (2003). Neurobiologische Grundlagen der Sprachfähigkeit. In G. Rickheit, T. Herrmann, & W. Deutsch, (Eds.) *Psycholinguistik. Psycholinguistics: Ein internationales Handbuch. An International Handbook*. Walter de Gruyter. pp. 57–79.
- Müller, H. M. (2006). Neurobiological aspects of meaning constitution during language processing. In: G. Rickheit, I. Wachsmuth (Eds.) *Trends in linguistics: situated communication*. Berlin: Mouton de Gruyter. pp. 243–64.
- Müller, H. M. (2009). Was ist Sprache? In: H. M. Müller (Hrsg.) *Arbeitsbuch Linguistik*. (2. Aufl.) Paderborn: Schöningh, pp. 19–32.

- 
- Müller, H. M. (2013). *Psycholinguistik – Neurolinguistik: Die Verarbeitung von Sprache im Gehirn*. Paderborn: Fink (UTB).
- Müller, H. M., Jansen, S. & Wesselmeier, H. (2012). Neurolinguistic Investigation on Turn-Anticipation in Dialog. Presented at the *11th Biannual Meeting of the German Cognitive Science Society*, KogWis.
- Müller, H. M., Jansen, S. & Wesselmeier, H. (2013). Anticipation of speakers' end-of-turn indicated by lateralized readiness potential. *Society for Neuroscience*, Vol. 11403.
- Niedermeyer, E. (2005). Historical Aspects. In: Niedermeyer, E. & da Silva, F. L. (Eds.) *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins, pp. 1–16.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness. The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9: 97–113.
- Osterhout, L. & Holcomb, P. J. (1992): Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of memory and language*, 31: 785–806.
- Palolahti, M., Leino, S., Jokela, M., Kopra, K. & Paavilainen, P. (2005). Event-related potentials suggest early interaction between syntax and semantics during on-line sentence comprehension. *Neuroscience Letters*, 384: 222–227.
- Pfurtscheller, G. & Lopes da Silva, F. (1999). Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology*, 110: 1842–1857.
- Pickering, M. J. & Garrod, S. (2004). Toward a mechanistic psychology of dialogue. *Behavioral and brain sciences*, 27: 169–189.
- Pickering, M. J. & Garrod, S. (2007). Do people use language production to make predictions during comprehension? *Trends in Cognitive Sciences*, 11: 105–110.
- Raaijmakers, J. G., Schrijnemakers, J. M. & Gremmen, F. (1999). How to deal with “the language-as-fixed-effect fallacy”: Common misconceptions and alternative solutions. *Journal of Memory and Language*, 41 (3): 416–426.
- Redcay, E., Dodell-Feder, D., Pearrow, M. J., Mavros, P. L., Kleiner, M., Gabrieli, J. D. E. & Saxe, R. (2010). Live face-to-face interaction during fMRI: A new tool for social cognitive neuroscience. *NeuroImage*, 50 (4): 1639–1647.
- Riest, C., Jorschick, A. B. & de Ruiter, J. P. (2015). Anticipation in turn-taking: mechanisms and information sources. *Frontiers in Psychology*, 6: 89.
- Sacks, H., Schegloff, E. A. & Jefferson, G. (1974). A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation. *Language*, 50: 696–735.
- Schaller, F. (2012). *Modalitätsspezifische Antizipation von Äußerungsenden. Eine multifaktorielle Studie zur Kommunikation*. (unveröffentlichte Masterarbeit). Universität Bielefeld.
- Schegloff, E. A. (1968). Sequencing in Conversational Openings. *American Anthropologist*, 70: 1075–1095.

- Schegloff, E. A. (1996). Turn organization: One intersection of grammar and interaction. In E. Ochs, E. A. Schegloff & S. A. Thompson (Eds.), *Interaction and grammar*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 52–133.
- Schumacher, F. & Steiner, P. (2009). Aspekte der Bedeutung: Semantik. In: H.M. Müller (Hrsg.), *Arbeitsbuch Linguistik*. (2. Aufl.) Paderborn: Schöningh, pp. 170–198.
- Schwarzenau, P., Falkenstein, M., Hoorman, J. & Hohnsbein, J. (1998). A new method for the estimation of the onset of the lateralized readiness potential (LRP). *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 30: 110–117.
- Searle, J. R. (1969). *Speech acts: An essay in the philosophy of language*. Vol. 626. Cambridge University Press.
- Sjerps, M. J. & Meyer, A. S. (2015). Variation in dual-task performance reveals late initiation of speech planning in turn-taking. *Cognition*, 136: 304–324.
- Smulders, F. T., Kenemans, J. L. & Kok, A. (1996). Effects of task variables on measures of the mean onset latency of LRP depend on the scoring method. *Psychophysiology*, 33: 194–205.
- Stivers, T., Enfield, N. J., Brown, P., Englert, C., Hayashi, M., Heinemann, T., Hoymann, G., Rossano, F., de Ruiter, J. P., Yoon, K. E. & Levinson, S. C. (2009). Universals and cultural variation in turn-taking in conversation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106: 10587–10592.
- Szirtes, J. & Vaughan, H. G. (1977). Characteristics of cranial and facial potentials associated with speech production. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 43 (3): 386–396.
- Ueding, G. & Steinbrink, B. (2011). *Grundriß der Rhetorik. Geschichte, Technik, Methode* (5. Aufl.). Stuttgart: Metzler.
- Ulrich, R. & Miller, J. (2001). Using the jackknife-based scoring method for measuring LRP onset effects in factorial designs. *Psychophysiology*, 38 (5): 816–827.
- Van Berkum, J. J. A. (2012). The electrophysiology of discourse and conversation. In: M. J. Spivey, K. McRae. & M. F. Joannisse (Eds.), *The Cambridge handbook of psycholinguistics*. New York: Cambridge University Press, pp. 589–614.
- Van Berkum, J. J. A., Brown, C. M., Zwitserlood, P., Kooijman, V. & Hagoort, P. (2005). Anticipating upcoming words in discourse: evidence from erps and reading times. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31: 443–467.
- Van Turenout, M., Hagoort, P. & Brown, C. M. (1998). Brain activity during speaking: From syntax to phonology in 40 milliseconds. *Science*, 280(5363): 572–574.
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C. & Winter, A. L. (1964). Contingent negative variation: An electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203: 380–384.
- Weiss, S. & Müller, H. M. (2003). The contribution of EEG coherence to the investigation of language. *Brain and Language*, 85 (2): 325–343.

- 
- Wells, B. & Macfarlane, S. (1998). Prosody as an interactional resource: Turn-projection and overlap. *Language and Speech*, 41: 265–294.
- Wesselmeier, H., Jansen, S. & Müller, H. M. (2013). Syntax and Semantics in Turn-anticipation: Direct or Indirect Influence? Presented at the *11th Symposium of Psycholinguistics*, Tenerife.
- Wesselmeier, H., Jansen, S. & Müller, H. M. (2014). Influences of semantic and syntactic incongruence on readiness potential in turn-end anticipation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8 (296): 1–9.
- Wesselmeier, H. & Müller, H. M. (2015). Turn-taking: From perception to speech preparation. *Neuroscience Letters*, 609: 147–151.
- Wilson, M. & Wilson, T. P. (2005). An oscillator model of the timing of turn-taking. *Psychonomic bulletin & review*, 12: 957–968.
- Yoshida, S. & Okanoya, K. (2005). Animal cognition evolution of turn-taking: a bio-cognitive perspective. *Cognitive Studies*, 12: 153–165.
- Zschocke, S. & Hansen, H. C. (2002). *Klinische Elektroenzephalographie*. (2. Aufl.) Berlin: Springer.

## 10. Anhang

### Protokollbogen Proband

Vp-Nr.: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ Uhrzeit: \_\_\_\_\_ :

E-Mail-Adresse: \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

Deutsche Muttersprache: \_\_\_\_\_

Monolingual: \_\_\_\_\_

Weitere Sprachen (Level): \_\_\_\_\_

Studienfach: \_\_\_\_\_

Bekannte Hörstörungen: \_\_\_\_\_

Korrigiertes Sehvermögen: \_\_\_\_\_

Medikamente: \_\_\_\_\_

Temperatur in der Laborkammer: \_\_\_\_\_ °C

<i>Oldfield Händigkeits-Test</i>	<b>Links</b>	<b>Rechts</b>
1. Schreiben		
2. Malen		
3. Werfen		
4. Schneiden (Schere)		
5. Zähneputzen		
6. Messer (ohne Gabel)		
7. Löffel		
8. Fegen (obere Hand)		
9. Streichholz anzünden		
10. Öffnen einer Schachtel		
11. Schießen mit dem Fuß		
Händigkeit		

Notizen: \_\_\_\_\_

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Werken entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Keine Dritte weder unmittelbar noch mittelbar haben geldwerte Leistungen von mir für Vermittlungstätigkeiten oder für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Diese Dissertation habe ich noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht. Die geltende Promotionsordnung ist mir bekannt.

---

*Ort und Datum*

---

*Hendrik Wesselmeier*

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier °° ISO 9706