

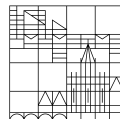
Die Verarbeitung morphologischer Konstruktionen:
Derivationen mit unterschiedlich diachroner Stabilität und
die Effizienz ihrer neuronalen Verarbeitung

Dissertation zur Erlangung des
akademischen Grades eines Doktors der Philosophie

vorgelegt von
Tema, Nadine

an der

Universität
Konstanz



Geisteswissenschaftliche Sektion
Fachbereich Sprachwissenschaft

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Januar 2016

1. Referent: Prof. Dr. Carsten Eulitz
2. Referent: Prof. Dr. Frans Plank

DANKE...

Diese Dissertation ist in meiner Muttersprache verfasst, weil die Herkunft niemals verloren gehen sollte.

Als erstes möchte und muss ich den Menschen danken, die von nicht wissenschaftlicher Seite für mich und diese Dissertation am Wichtigsten waren und immer sein werden.

Natürlich meinen Eltern- ohne die dieses Projekt niemals möglich gewesen wäre in jeglicher Hinsicht! Danke für ALLES- die enorme Unterstützung, das Vertrauen und die Liebe.

Ganz besonders meiner Mutter danke für einfach alles! Ich liebe euch sehr!

Meinem Mann- was soll ich sagen- er hat alle Sicherheiten aufgegeben um mich auf diesem Weg zu begleiten, war immer da, wenn ich nicht mehr wollte. Du hast mich zu einem besseren Menschen gemacht, danke für ALLES. Ich hoffe, dass wir auch den weiteren Weg immer so glücklich und gemeinsam zu Ende gehen dürfen.

Ich liebe dich!

Und dann natürlich meine zwei größten Schätzen auf Erden und das Beste was ich persönlich in den letzten Jahren hervor gebracht habe- meine große Soraja und ihre kleine Schwester Aisha. Ich würde es immer wieder so machen, auch wenn das Projekt Dissertation dadurch länger geht, es ist es wert. Ihr habt mir gezeigt, was die wirklich wichtigen Dinge im Leben sind. Und Soraja auf deine Frage: Mama ist dein Buch endlich fertig? Ja ist es!

Meiner albanischen Familie Mama und Baba, Irma und den Kindern, weil sie ganz selbstverständlich auch meine Familie geworden sind und weil es gut tut, so geliebt zu werden wie man ist.

Von wissenschaftlicher Seite: Danke...

natürlich meinem Betreuer Carsten Eulitz für die Möglichkeit zu dieser Dissertation, das Vertrauen und die vielen hilfreichen Ratschläge und Tipps. Ich habe viel lernen dürfen!

Frans Plank für die Bereitschaft diese Arbeit als Zweitgutachter zu betreuen, für Input und Ideen.

Oleksiy Bobrov für seine großartige technische Unterstützung.

Natalia Bekemeier für ihre Hilfe, sowohl wissenschaftlich, als auch freundschaftlich.

Mariya Kharaman für die Bereitschaft immer zu helfen.

Sonia Cornell für die schönen Bürostunden und die vielen Ratschläge.

Ramona Grutschnig, deren vorübergehende Zeit in unserem Büro sehr bereichernd war und für ihr tolles Buch!

Sarah Baumann für die tolle gemeinsame Zeit an der Uni und ihre Freundschaft.

Ich bin sehr glücklich!

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Auflistung der Abbildungen

Auflistung der Tabellen

Zusammenfassung

1.	Allgemeine Einführung	1
1.1.	Die Verarbeitung morphologischer Konstruktionen: Derivationen mit unterschiedlich diachroner Stabilität und die Effizienz ihrer neuronalen Verarbeitung	1
1.2.	Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung	4
1.2.1.	Ein Modell der gesamten Wortverarbeitung	4
1.2.2.	Ein Modell morphologischer Dekomposition	5
1.2.3.	Duale Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung	8
1.2.4.	Konnektionistische Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung	8
1.2.5.	Der distribuierte morphologische Ansatz	10
1.2.6.	Die Einordnung der Experimente in die verschiedenen Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung	12
1.3.	Ein Einblick in Untersuchungen zur Effizienz der Verarbeitung morphologischer Konstruktionen	14
1.4.	Morphologische Derivationen im Deutschen	25
1.4.1.	Konversionen im Deutschen	25
1.4.2.	Die Derivationsrichtung: Asymmetrie vs. Symmetrie	28
1.4.3.	Der Umlaut im Deutschen	33
	<i>Historische Beschreibung</i>	33
	<i>Umlaut: Ein phonologischer oder morphologischer Prozess?</i>	35
	<i>Derivationen mit Umlaut</i>	36
	<i>Der Umlaut in der Experimentreihe</i>	38
1.4.4.	Der Ablaut im Deutschen	39
	<i>Der Ablaut in der Experimentreihe</i>	42
1.4.5.	Konversionen: Umlaut vs. Ablaut	42
1.5.	Wortklasseneffekte	43
1.5.1.	Ein kategorieller Ansatz der Verarbeitung von Wortklassen	44
1.5.2.	Ein nicht-kategorieller Ansatz der Verarbeitung von Wortklassen	46

1.6.	Die Erforschung der Verarbeitung morphologisch komplexer Wörter im Gehirn: Das EEG und seine relevanten Komponenten	50
2.	Die zeitliche Dynamik von Sprachwandel und ihre effiziente Verarbeitung im Gehirn: Experimente über die Verarbeitung von Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Derivationen im Gehirn	56
2.1.	Allgemeine Experimentelle Methoden	56
2.1.2.	Versuchsteilnehmer	56
2.1.3.	Datenerhebung und Datenanalyse	56
	<i>Datenerhebung</i>	56
	<i>Datenanalyse</i>	57
2.2.	Experiment eins: Die neuronale Verarbeitung von Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Konversionen	57
2.2.1.	Hintergrund	57
2.2.2.	Methoden	58
	<i>Versuchspersonen</i>	58
	<i>Stimuli</i>	59
	<i>Semantischer Assoziationstest</i>	59
	<i>Experimentelle Prozedur</i>	60
	<i>Statistische Datenanalyse</i>	61
2.2.3	Ergebnisse	62
	<i>Schaubilder der EKPs</i>	62
	<i>Topographie</i>	67
	<i>Statistische Analyse</i>	70
	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse</i>	71
2.2.4.	Diskussion	71
2.3.	Experiment 2: Die neuronale Verarbeitung von Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Derivationen unter Umlaut und Ablaut	75
2.3.1.	Hintergrund	75
2.3.2.	Methoden	76
	<i>Versuchspersonen</i>	76
	<i>Stimuli</i>	77
	<i>Produktionstest</i>	78
	<i>Experimentelle Prozedur</i>	79
	<i>Statistische Datenanalyse</i>	81

2.3.3. Ergebnisse	82
<i>Schaubilder der EKPs</i>	82
<i>Topographie</i>	90
<i>Statistische Analyse</i>	93
<i>Zusammenfassung der Ergebnisse</i>	99
2.2.4. Diskussion	100
<i>Der Aspekt der Frequenz</i>	100
<i>Der Einfluss der Phonologie</i>	107
3. Allgemeine Diskussion	112
3.1. Die Unterschiedliche Effizienz der Verarbeitung von Nomen-zu-Verb und Verb-zu-Nomen Konversionen	112
3.2. Unterschiedliche Effizienz der Verarbeitung von Derivationen mit phonologischer Modifikation	115
3.3. Auswirkungen für Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung	117
3.4. Ausblick und alternative Forschungsmethoden	121
4. Anhang	128
4.1. Experiment 1: Stimuli mit Frequenzen	
4.2. Experiment 1: Mann-Whitney U-Test	
4.3. Experiment 2: Stimuli mit Frequenzen	
4.4. Experiment 2: Mann-Whitney U-Test	
4.5. RSVP-Design: Stimuli mit Frequenzen	
4.6. RSVP Design: Statistische Ergebnisse	
5. Literaturverzeichnis	

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
adj.	Adjektiv
ahd.	althochdeutsch
ANOVA	Varianzanalyse (<i>Ananalysis of variance</i>)
BESA	<i>Brain Electrical Source Analysis</i>
bzw.	beziehungsweise
ca.	cirka / ungefähr
CNV	kontingente negative Variation (<i>Contingent Negativ Variation</i>)
deriv./Deriv.	deriviert/ Derivation
d.h.	das heißt
dim.	Diminitiv
EEG	Elektroenzephalographie (Messung der summierten elektrischen Aktivität des Gehirns durch Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche)
EKP (<i>ERP</i>)	ereigniskorreliertes Potential (<i>Event-related potentials</i>)
ELAN	Early Left Anterior Negativity (Frühe Links Anteriore Negativität)
El-Guide	Ultraschallmessgerät zu Messung der individuellen Elektrodenpositionen des Kopfes
EOG	Elektrookulografie - Messverfahren für die Bewegung der Augen oder die Veränderungen des Ruhepotentials der Netzhaut
etc. /usw.	und so weiter
Exp.	Experiment
fem.	feminin
fin.	finit
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
HSE	Herpes-Simplex-Encephalitis
Hz	Hertz
IFG	inferiore frontale Gyrus
Kap.	Kapitel
k Ω	Kilo-Ohm
LAN	Left Anterior Negativity (Links Anteriore Negativität)
LH	Linke Hemisphäre
LIFG	links inferiore frontale Gyrus
+/-M	morphologisch verbunden/ morphologisch nicht verbunden
masc.	maskulin
MidS	mittlerer Level semantischer Verbundenheit
Mittelw.	Mittelwert
MannMLN	Mannheim Frequenz (1.000.000)
MRT	Magnetresonanztomographie
ms	Millisekunden
MTG	mittlerer temporaler Gyrus
N / n	Nomen
N 400	Komponente der Sprachverarbeitung im Zeitbereich von 400ms

nhd.	neuhochdeutsch
Nom.	Nominativ
Nw	Nicht-Wort
+/-O	orthographisch verbunden/ orthographisch nicht verbunden
Part.	Partizip
Pers.	Person
PET	Positronen-Emissions-Tomographie (<i>positron emission tomography</i>)
pl.	Plural
PMN	Phonological Mismatch Negativity
pos.	Positiv
Präs.	Präsens
Prät.	Präterium
Ps.Sg.	Person Singular
+/-S	Semantisch verbunden/ semantisch nicht verbunden
Sig.	Signifikanz
sing. / sg.	Singular
SOA	Stimulus Onset Asynchrony
STG	superiore temporale Gyrus
superl.	Superlativ
Tab.	Tabelle
T1 Bilder	Kontrastdarstellung von MRT Bildern
Trad.Klasse	traditionelle Klasse
u.a.	unter anderem
µV	Mikro-Volt
V	Verb
vgl.	vergleiche
VP	Versuchsperson
vs.	versus
W	Wort
Wortf.	Wortform
z.B.	zum Beispiel
/ /	phonemische Repräsentation
[]	phonetische Repräsentation

Auflistung der Abbildungen

- Abb.1 Modell der obligatorischen Dekomposition von morphologisch komplexen Wörtern
- Abb.2 Das AUSTRAL Modell
- Abb.3 Ein konnektionistisches Modell am Beispiel des Wortes Katze.
- Abb.4 Strukturbaum der Verb-zu-Nomen Konversion
- Abb.5 Vokaltrapez der „International Phonetic Association“ (IPA)
- Abb.6 Ablaut der starken Verben: Überblick
- Abb.7 Exp.1: EKPs von den 12 repräsentativen Elektroden
- Abb.8 Exp.1: EKPs von zwei Elektroden (Cz und Pz)
- Abb.9 Exp.1: EKPs von der Elektrode F5
- Abb.10 Exp.1: Mittelwerte der Amplitudenwerte der EKPs für die einzelnen Bedingungen
- Abb.11 Exp.1: Topographie in der Aktivierung von Basisnomen im Vergleich zu derivierten Nomen und für Basisverben im Vergleich zu derivierten Verben
- Abb.12 Exp.1: Differenztopographie in der Aktivierung von Nomen und Verben (deriviert-basisch)
- Abb.13 Exp.2: EKPs von den 12 repräsentativen Elektroden für Umlaut
- Abb.14 Exp.2: EKPs von den 12 repräsentativen hinteren Elektroden für Umlaut
- Abb.15 Exp.2: EKPs von 4 Elektroden für Umlaut (F6, O10, F5, O9)
- Abb.16 Exp.2: EKPs von 4 Elektroden für Umlaut (F6, CP6, F5, CP5)
- Abb.17 Exp.2: EKPs von den 12 repräsentativen Elektroden für Umlaut und Ablaut
- Abb.18 Exp.2: EKPs von den 12 repräsentativen hinteren Elektroden für Umlaut und Ablaut
- Abb.19 Exp.2: Mittelwerte der EKP Amplitudenwerte für die einzelnen Bedingungen für Umlaut
- Abb.20 Exp.2 : Topographie der Aktivierung von Basisverben im Vergleich zu derivierten Verben und von Basisnomen im Vergleich zu derivierten Nomen für Umlaut
- Abb.21 Exp.2: Topographie der Aktivierung von Basisverben im Vergleich zu derivierten Nomen für Umlaut und Ablaut
- Abb.22 Exp.2: Differenztopographie der Aktivierung für Nomen und Verben (deriviert-basisch)
- Abb.23 Verteilung der Lemma-Frequenzen (Mittelwerte) der Bedingungen für Exp.1
- Abb.24 Exp.1: Cz Elektrode
- Abb.25 Verteilung der Lemma-Frequenzen (Mittelwerte) der Bedingungen für Exp.2
- Abb.26 Exp.2: Cz Elektrode Umlaut

Auflistung der Tabellen

- Tab.1 Hinweise für die effiziente Verarbeitung morphologisch komplexer Wörter
- Tab.2 Verarbeitung regulärer vs. irregulärer Formen als Beweis für ein effizientes dekompositionales Organisationsprinzip
- Tab.3 Beispiele für Konversionen im Deutschen nach Fleischer und Barz
- Tab.4 Hauptbeispiele für Umlaut im Deutschen
- Tab.5 Auftreten diskontinuierlicher Morphe am Beispiel einiger Pluralallomorphe
- Tab.6 Umlautfähigkeit
- Tab.7 Umlautauslösung
- Tab.8 Schematischer Überblick über die Vokalwechsel bei den nhd. starken Verben
- Tab.9 Exp.1: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der zwei Zeitfenster
- Tab.10 Exp.2: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen mit Umlaut für 12 Elektroden
- Tab.11 Exp.2: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen mit Umlaut für 12 hintere Elektroden mit dem Faktor Elektrode
- Tab.12 Exp.2: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen mit Umlaut für 4 Elektroden
- Tab.13 Exp.2: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen mit Umlaut für 4 Elektroden
- Tab.14 Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen Umlaut und Ablaut unter Regel 1 (BVA>DNA: Derivationsrichtung: Basisverben Ablaut>derivierte Nomen Ablaut) und Regel 2: (BVU>DNU: Derivationsrichtung: Basisverben Umlaut>derivierte Nomen Umlaut) für 12 Elektroden
- Tab.15 Exp.2: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen Umlaut und Ablaut unter Regel 1 (BVA>DNA: Derivationsrichtung: Basisverben Ablaut>derivierte Nomen Ablaut) und Regel 2 (BVU>DNU: Derivationsrichtung: Basisverben Umlaut>derivierte Nomen Umlaut) für 12 hintere Elektroden mit dem Faktor Elektrode
- Tab.16 Exp.2: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen für die Zeitbereiche aus Experiment 1 für einen Vergleich der Ergebnisse aus Experiment 1 und 2 (mit den Zwischensubjektfaktoren S1= 25 Versuchspersonen aus Experiment 1 und S2: 16 Versuchspersonen aus Experiment 2) für 12 Elektroden
- Tab.17 Exp.2: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen für die Zeitbereiche, die auch im ersten Experiment ausgewertet wurden und zwei weitere Zeitfenster (530-630ms, 550-650ms) für die 12 ursprünglichen Elektroden

Zusammenfassung

Das Verstehen von Sprache ist eine außerordentliche menschliche Fähigkeit. In der Sprachverarbeitung arbeiten eine Vielzahl von linguistischen Faktoren und Einheiten zusammen. Dabei passt sich das menschliche Gehirn sehr gut an die unterschiedlichsten Anforderungen der verschiedenen Eigenschaften von sprachlichen Einheiten und die jeweiligen Anforderungen des sprachlichen Kontextes an. Fragen, die sich hieraus ergeben, sind, nach welchen Prinzipien die Anordnungen von linguistischen Einheiten und ihren Eigenschaften funktionieren und wie die Beteiligung verschiedener linguistischer Einheiten bei diesem Prozess aussieht.

Es wurde beobachtet, dass einige morphologische Strukturen und Prozesse cross-linguistisch variabler und historisch weniger zeitlich stabil sind als andere. Insbesondere die lexikalische Kategorisierung von lexikalischen Einheiten und die Direktionalität von morphologischen Derivationen sind dabei Parameter für typologische Variation sowie für Variation innerhalb von Sprachen.

Hintergründe für die vorgestellten Studien sind:

1. Die Beobachtung, dass in der deutschen Sprache eine Asymmetrie zwischen den Derivationsrichtungen von Nomen-zu-Verb und von Verb-zu-Nomen existiert. Bei der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb ist ein Prozess des Sprachwandels involviert, da hier im Laufe der Sprachentwicklung eine Reanalyse eines ursprünglich derivierten Nomens zu einem Basisnomen stattgefunden hat. In der umgekehrten Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen findet nur sehr selten ein solcher Prozess der Reanalyse statt. Aufgrund dessen wird die Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb im Gegensatz zu der Verb-zu-Nomen Derivationsrichtung als stabiler betrachtet.
2. Erkenntnisse verschiedener Studien, die gezeigt haben, dass bei der Sprachverarbeitung Unterschiede in der Stabilität bzw. Komplexität zwischen bestimmten morphologischen Konstruktionen (u.a. Meinzer et al. 2009, Pliatsikas et al. 2013) und andere Komplexitäts- bzw. Stabilitätsunterschiede zwischen sprachlichen Eigenschaften auch unterschiedlich effizient verarbeitet werden (u.a. Frequenzunterschiede, Unterschiede in der Erkennung von Wörtern und ihrer Zuordnung).

In zwei EEG Experimenten wurden die neuronalen Korrelate der visuellen Sprachverarbeitung von Derivationen und ihren Basisformen getestet. Die zentrale Hypothese ist, dass auch feingliedrige, diachron motivierte Unterschiede zwischen unterschiedlichen Derivationsrichtungen von morphologischen Konstruktionen neuronal reflektiert und unterschiedlich effizient verarbeitet werden.

Diachrone Unterschiede in sprachlichen Konstruktionen werden in der Linguistik typologisiert. Diese Erkenntnisse aus der theoretischen Linguistik sollen neuronal überprüft werden und die Zusammenführung typologischer und neuronaler Erkenntnisse ist ein übergeordnetes Ziel der experimentellen Untersuchung der zentralen Hypothese. Die Ergebnisse der zwei durchgeführten Experimente sind im Hinblick auf die zentrale Hypothese unterschiedlich.

Im ersten Experiment wurde die Verarbeitung von Konversionen mit unterschiedlichen Derivationsrichtungen überprüft, deren Derivationsprozess keine Veränderung der visuellen oder phonologischen Form bedeutet. Die Ergebnisse bestätigten die zentrale Hypothese. Die wegen der zugrunde liegenden diachronen Asymmetrie weniger stabile Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen wird vom Gehirn auch weniger effizient (höhere Amplituden in den EKPs) verarbeitet. Die wegen der zugrundeliegenden diachronen Asymmetrie stabilere Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb wird vom Gehirn hingegen effizienter (geringere Amplituden in den EKPs) verarbeitet. Somit hat sich im ersten Experiment die zentrale Hypothese bestätigt, dass auch subtile, diachron motivierte Unterschiede zwischen morphologischen Konstruktionen vom Gehirn unterschiedlich effizient verarbeitet werden.

Dies eröffnet für die typologische Linguistik eine vielversprechende Möglichkeit, da erfolgreich demonstriert werden konnte, dass mit neurolinguistischen Methoden der Wahrheitsgehalt typologischer Hypothesen der Linguistik überprüft werden kann und folglich gewisse Parameter für die typologische Linguistik etabliert werden können, welche die neuronalen Korrelate der historischen Stabilität bzw. Instabilität abbilden können.

In einem zweiten Experiment wurde die Verarbeitung von Derivationen mit Umlaut und Ablaut getestet, um die Ergebnisse aus Experiment eins auch auf andere Derivationsprozesse zu generalisieren. Die zentrale Hypothese konnte in diesem Fall nicht bestätigt werden, da die Ergebnisse keine Interaktion der Wortklasse mit der Derivationsrichtung

zeigen. Hier stützt sich die Interpretation der Ergebnisse auf den phonologischen Unterschied zwischen den Stimuli, der parallel zum Derivationsprozess stattfindet.

Die Amplituden der EKPs spalten sich entlang dem Unterschied von Basisstimuli ohne phonologischer Markierung (höhere Amplituden) und derivierten Stimuli mit phonologischer Markierung (geringere Amplituden). Es scheint so, als ob dadurch die neuronale Reflektion des zugrunde liegenden, diachron motivierten Unterschiedes in der Stabilität der Derivationsrichtungen überlagert wird. Zusätzlich muss in Betracht gezogen werden, dass bei Umlaut zwischen den Derivationsrichtungen ein Unterschied in der Komplexität des morphologischen Derivationsprozesses vorliegt und deshalb die Vergleichbarkeit der beiden Derivationsprozesse eingeschränkt ist.

Zusammenfassend kann für den Fall von Konversionen, die keinen zusätzlichen phonologischen Einfluss in der Verarbeitung aufweisen, festgehalten werden, dass erfolgreich demonstriert werden konnte, dass auch diachrone Unterschiede in morphologischen Konstruktionen unterschiedlich effizient vom Gehirn verarbeitet werden. Eine generelle Aussage, welche auch für andere Derivationsprozesse gültig ist, konnte, wie sich in Experiment zwei gezeigt hat, nicht getroffen werden. Aber auch diese Ergebnisse haben neue, wichtige Fragen über die Rolle der Phonologie in der Sprachverarbeitung aufgeworfen, insbesondere die Frage nach der Kovariation von Phonologie und Morphologie.

Die vorliegenden Erkenntnisse lassen sich in Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung einordnen, welche den morphologischen Prozessen eine eigenständige Rolle zuweisen und die Realität der Direktionalität von Derivationsrichtungen anerkennen.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass nicht die Wortklassen per se eine unterschiedliche Verarbeitung evozieren, sondern es vielmehr davon abhängt, welche aufgabenabhängige Unterschiede impliziert sind und an das System der Sprachverarbeitung gestellt werden und somit, welcher Einfluss linguistischer Einheiten (entweder z.B. diachron oder phonologisch) dominiert.

Auch für den typologisch diachronen Rahmen der linguistischen Forschung konnte, wie für andere vielfältige sprachliche Phänomene (z.B. morphologische priming Effekte, Frequenzeffekte, Erkennung von Sprachlauten und ihre Zuordnung) gezeigt werden, dass ein Einfluss von bestimmten Stabilitätsfaktoren auf die neuronale Verarbeitung der Sprache existiert, welche eine unterschiedlich effiziente Verarbeitung evoziert. Dabei werden nicht nur offensichtliche Unterschiede, sondern auch subtile Unterschiede von sprachlichen Konstruktionen reflektiert.

1. Allgemeine Einführung

1.1. Die Verarbeitung morphologischer Konstruktionen: Derivationen mit unterschiedlich diachroner Stabilität und die Effizienz ihrer neuronalen Verarbeitung

Eine fundamentale Eigenschaft der menschlichen Sprache ist ihre generative Leistungsfähigkeit, wobei eine unendliche Anzahl von kommunikativen Bedeutungen durch das Kombinieren und Rekombinieren einer endlichen Anzahl von linguistischen Elementen ausgedrückt werden kann (Marslen-Wilson & Tyler 2007). Doch was steckt hinter dieser enormen Leistung? Nach welchen Prinzipien funktionieren diese Anordnungen? Unterliegt die Sprachverarbeitung bestimmten Effizienzkriterien, so dass weniger komplexe Muster auch effizienter verarbeitet werden? Und finden diese Effizienzkriterien auch ihre Anwendung, wenn es um sprachliche Muster geht, deren Stabilität diachron motiviert ist?

In vielen Bereichen der Sprachverarbeitung finden bestimmte Effizienzkriterien ihre Anwendung. So werden zum Beispiel weniger komplexe Muster effizienter verarbeitet als komplexere Muster. Bezüglich des Sprachwandels ist das Effizienzprinzip (bzw. Ökonomieprinzip) ein fundamentales Prinzip, dem der Sprachwandel unterliegt, so dass die Entwicklung der Sprache und die Veränderung bestimmter Muster oftmals von einem Abbau komplexerer Muster bestimmt sind. Diese Entwicklung, hin zu weniger komplexen Mustern der Sprache, hängt stark mit der Effizienz sprachlicher Verarbeitung zusammen, da weniger komplexe Muster vom menschlichen Gehirn effizienter, im Sinne von einfacher und schneller, verarbeitet werden. Dies betrifft alle linguistischen Einheiten der Sprache, von der Phonologie und Morphologie über die Semantik bis hin zur Syntax.

Die zentrale Fragestellung der vorliegenden Dissertation ist, ob die Effizienz sprachlicher Verarbeitung tatsächlich Sprachwandel und Stabilität erklären kann. Um diese Frage zu klären, wird im vorliegenden Dissertationsprojekt die Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Konversion (Null-Konversion), sowie die Derivation mit Umlaut und Ablaut im Deutschen untersucht. Diese speziellen Fälle von Derivationen werden untersucht, um das übergeordnete Ziel einer Zusammenführung typologischer und neuronaler Erkenntnisse zu erfüllen.

Kann die neuronale Verarbeitung von Wörtern, getestet mit Hilfe des EEG (Elektroenzephalographie), typologisch unterschiedlich stabile Muster, die diachron motiviert sind, abbilden? Zeigen sich diese Unterschiede in der Variabilität und Zeitstabilität in der neuronalen Repräsentation und Verarbeitung? Der linguistische Hintergrund dreht sich um die Frage, inwiefern morphologische Systeme und Konstruktionen typologisch variabel bzw. invariabel und diachron stabil bzw. instabil sind.

Bei Modellen, die eine mehrschrittige Derivation annehmen, sind derivationale Prozesse dadurch gekennzeichnet, dass sie neue Wörter, ausgehend von Basiswörtern, bilden, z.B. wird von dem Verb ‚blicken‘ das Nomen ‚Blick‘ gebildet. In der deutschen Sprache ist desweiteren eine Asymmetrie der Ableitungsrichtungen zu beobachten: Von Nomen abgeleitete Verben werden nur sehr selten als Basisverben in der Sprachgeschichte reanalysiert, während von Verben abgeleitete Nomen oft als Basisnomen reanalysiert werden (z.B.: ahd. V **geigan* → N *Geige*, wurde als basisch reanalysiert → V *geigen*). Die Nomen-zu-Verb Konversion ist folglich diachronisch stabiler als die Verb-zu-Nomen Konversion.

Genau für diese inhärenten Eigenschaften, wie die morphologischen Unterschiede bzw. Übereinstimmungen und diachronen Wechsel bzw. Stabilität von morphologischen Konstruktionen, sollen Erklärungen gefunden werden. Gibt es in der neuronalen Verarbeitung Hinweise darauf, dass synchrone Reflektionen des Status eines Basisnomens als diachronisch stabiler existieren im Vergleich zum Status von Basisverben, oder sind Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Derivationen etwa nur Spiegelbilder?

Vor dem Hintergrund der Asymmetrie in den Ableitungsrichtungen wird in den Experimenten eins und zwei mit Hilfe ereigniskorrelierter Potentiale die zentrale Hypothese getestet, ob neuronale Strukturen tatsächlich darauf ausgerichtet sind, Verben von Nomen abzuleiten. Da davon ausgegangen wird, dass die Ableitungsrichtung vom Nomen zum Verb effizienter ist, folgt daraus konsequenterweise, dass sie auch vom Gehirn bevorzugt wird.

Wenn dieser Effizienzvorteil der stabileren Ableitungsrichtung im Deutschen zutrifft, können die Ergebnisse aus Experiment eins nicht auf Eigenschaften der Oberflächenform zurückgeführt werden, da Konversionen keine visuellen oder phonologischen Markierungen aufweisen (das Infinitivmorphem (en-Endung) bei Verben wird als Flexionsmorphem kategorisiert (Fleischer und Barz 2012)). Bei der Wortbildung beein -

flusst der Prozess des Wechsels der syntaktischen Klasse die phonologische Form des Wortes nicht.

Experiment zwei weitet den Test der Hypothese vom speziellen Fall der Null-Konversionen auf die Verarbeitung von Derivationen mit Umlaut und Ablaut aus. In diesem Experiment ist die Untersuchung mit Hilfe ereigniskorrelierter Potentiale von der Fragestellung geleitet, inwiefern die Resultate aus Experiment eins eine Generalisierung auf andere Muster von Derivationen zulassen. Lässt sich aufgrund der Ergebnisse die generelle Frage beantworten, ob es zugrundeliegende Verarbeitungsmechanismen im Gehirn gibt, welche diachron motivierte, stabilere Muster im Vergleich zu weniger stabilen Mustern effizienter verarbeiten?

In der Dissertation wird die Verarbeitung von Konversionen und von Derivationen im Deutschen untersucht und sie bewegt sich somit im Umfeld der Verarbeitung morphologischer Konstruktionen. Deshalb geht es im folgenden Abschnitt um die verschiedenen Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung und ihre Relevanz für den Untersuchungsgegenstand der Dissertation.

Eine fundamentale Frage, die seit Jahrzehnten im Zusammenhang mit der Verarbeitung morphologisch komplexer Wörter diskutiert wird, ist die Frage nach der Kodierung der morphologischen Beziehungen. Ist das mentale Lexikon tatsächlich so organisiert, dass es morphologische Beziehungen kodiert?

Wenn, wie in der vorliegenden Untersuchung der neuronalen Verarbeitung von Derivationsrichtungen, davon ausgegangen wird, dass das Gehirn Wörter mit unterschiedlicher Stabilität innerhalb eines morphologischen Prozesses unterschiedlich effizient verarbeitet, muss man auch annehmen, dass das Gehirn morphologische Beziehungen explizit kodiert. Morphologische Analyse ist folglich eine notwendige Komponente in der Sprachverarbeitung und morphologische Faktoren sind essenzielle Bausteine in einem Modell lexikalischer Organisation.

Doch die Frage nach der Bedeutung morphologischer Faktoren hat im Laufe der Jahre verschiedene Modelle über die Verarbeitung von Wörtern und der Rolle, welche die morphologische Komponente dabei spielt, hervorgebracht.

Die zentralen Fragen für Modelle morphologischer Sprachverarbeitung sind: Wie werden morphologisch komplexe Wörter im mentalen Lexikon gespeichert? Wie erfolgt der

lexikalische Zugriff? Wird auf morphologisch komplexe Wörter direkt zugegriffen, oder muss das Wort zuerst morphologisch zerlegt werden?

In Hinblick auf die aktuelle Hypothese stellt sich die Frage, in welches Modell sich die Vorhersagen am besten einfügen, bzw. in welche nicht, und die Gründe dafür.

1.2. Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung

1.2.1. Ein Modell der gesamten Wortverarbeitung

Nach dem Modell der gesamten Wortverarbeitung oder auch der Theorie vollständiger Einträge (*full listing hypothesis*) von Butterworth (1983) enthält das Lexikon keine separat gespeicherte morphologische Information. Ein lexikalischer Eintrag findet immer durch eine unabhängige lexikalische Repräsentation für jedes Wort in der jeweiligen Sprache statt.

Vertreter von Modellen der ganzen Wortverarbeitung kritisieren an Modellen der Zerlegung in Morpheme die Beliebigkeit der Affigierung. Die Bedeutung affigierter Wörter ist aufgrund der Bedeutung ihrer Konstituenten oft nicht vorhersagbar und es ist ziemlich schwierig, eine Regularität in der Kombination von Affixen und Stämmen zu finden. Butterworth bemängelt an Dekompositionsmodellen auch die fehlende semantische Regularität für suffigierte Formen (Beispiel: *induce-+-ment/-ive/-tion/-ible*).

Eine Zerlegung morphologisch komplexer Wörter vor dem lexikalischen Zugang wird also von Modellen der ganzen Wortverarbeitung abgelehnt, aber wie werden dann lexikalische Einträge von morphologisch verbundenen Formen organisiert?

Butterworth (1983) schlägt eine modalitätsspezifische lexikalische Repräsentation vor, die aus Wörtern besteht, deren interne Struktur die Morphemgrenzen markiert. Alle morphologisch verbundenen Wörter sind zusammen in einer Einheit gruppiert (z.B. *walk, walks, walked*).

Um das Produktivitätsproblem zu lösen, geht Butterworth in seinem Ansatz von sogenannten „fall-back procedures“ aus, die benutzt werden können, um neue Wörter zu produzieren oder um unbekannte Wörter zu analysieren. Dabei wird Dekomposition für die Wörter angewendet, die nicht als ganze Wortformen zugeordnet werden können.

Doch auch die Idee von „fall-back procedures“ kann nicht als Lösung für das Problem der Produktivität angesehen werden, da diese Regel erst angewendet wird, wenn die gewünschte Form im Lexikon nicht lokalisiert werden kann (Stemberger 1986). „Fall-back-procedures“ kommen also erst nach einer gewissen Zeit der Suche zum Einsatz, was unter der Annahme eines effizienten und somit möglichst zeitsparenden Systems der Sprachverarbeitung unwahrscheinlich erscheint. Deshalb wurde im Verlauf der Diskussion über die morphologische Sprachverarbeitung die Annahme der ganzen Wortverarbeitung zu Gunsten von Modellen, die zumindest teilweise Dekomposition in ihre Modelle einbauen, aufgegeben.

In den diskutierten Experimenten werden spezielle Fälle von morphologischen Prozessen, die Konversion und die Derivation mit Umlaut und Ablaut und ihre neuronale Verarbeitung getestet. Als Hintergrund der Fragestellung wird davon ausgegangen, dass morphologisch komplexe Wörter bei ihrer Verarbeitung zerlegt werden. Modelle, die von einer ausschließlich ganzen Wortverarbeitung ausgehen, werden nicht berücksichtigt. Die Hypothese ist, dass morphologisch stabilere Muster im Gehirn effizienter verarbeitet werden. Im Gegensatz zu einem Modell der ganzen Wortverarbeitung wird postuliert, dass morphologische Information explizit im mentalen Lexikon gespeichert ist.

1.2.2. Ein Modell morphologischer Dekomposition

Im Gegensatz zum Modell der ganzen Wortverarbeitung gehen Modelle der morphologischen Dekomposition von der Speicherung der Morpheme im Lexikon aus. Im Prozess der Zuordnung von Wörtern zum Lexikon werden alle Morpheme zerlegt. Ein Modell morphologischer Dekomposition wurde zuerst von Taft und Forster (1975) vorgestellt.

Die zentrale Hypothese morphologischer Dekomposition stützt sich auf die Ergebnisse aus einer Reihe von Experimenten mit lexikalischer Entscheidungsaufgabe mit Wörtern und Nicht-Wörtern. Bei Nicht-Wörtern dauerte es länger bis die Stämme von präfigierten Wörtern als Nicht-Wörter klassifiziert wurden, als bei Nicht-Wörtern, die keine Stämme sind.

Daraus leiteten Taft und Forster ihre Annahme ab, dass der Wortstamm des Nicht-Wortes direkt im Lexikon repräsentiert ist. Zudem brauchten Wörter, die als freie und gebundene Morpheme vorkommen (z.B. *vent*), länger, um klassifiziert zu werden,

wenn die gebundene Form frequenter war als die freie Form. Dies unterstützt die Idee der seriellen Anordnung lexikalischer Zugänge von hoher zu niedriger Frequenz. Auch präfigierte Wörter, die einen realen Stamm enthalten (*dejuvenate*), brauchten im Vergleich zu Kontrollwörtern, die keinen realen Stamm enthalten (*depertoire*), länger, um klassifiziert zu werden.

Aufgrund dieser Ergebnisse stellten Taft und Forster die zentrale Hypothese auf, dass präfigierte Wörter vor lexikalischem Zugang in ihre konstituierenden Morpheme analysiert werden.

Das Modell morphologischer Dekomposition hat im Vergleich mit den Modellen der ganzen Wortverarbeitung einen ökonomischen Vorteil. Es ist viel ökonomischer bzw. effizienter, den Stamm für eine Anzahl von verschiedenen Wörtern nur einmal zu speichern. Außerdem erlaubt die Organisation nach Stämmen, dass semantisch verbundene Wörter auch nahe beieinander angesiedelt sind und dies auch dann, wenn das Lexikon orthographisch oder phonologisch organisiert ist.

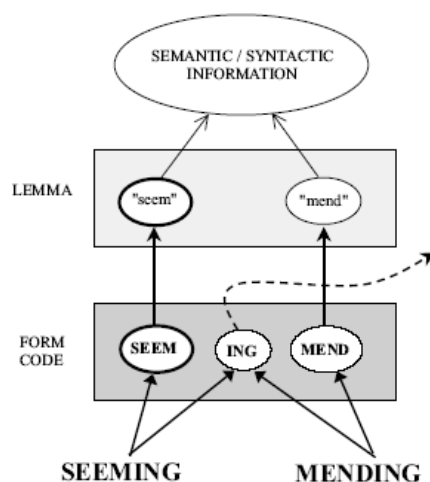


Abbildung 1: Modell der obligatorischen Dekomposition von morphologisch komplexen Wörtern anhand der Wörter "seeming" (scheinen) und "mending" (ausbessern) (Taft 2004: 746)

Neben diesen Vorteilen gibt es eine Reihe von Argumenten, die gegen die Zerlegung in Morpheme im Prozess der Zuordnung zum Lexikon sprechen. Es taucht zum Beispiel immer wieder die Frage auf, was mit Wörtern passiert, die eine gebundene Wurzel haben (z.B. *prefer*), oder mit Morphemen, die hoch komplex sind (wie z.B. *unremittingly*). In vielen Fällen kann es das Erlernen und Produzieren sowie auch das Verstehen

hoch komplexer Wörter erschweren. Es erfordert z.B. ein hoch komplexes System, um reale Derivate (wie *untrue*) und pseudo derivierte Wörter (wie *uncle*) zu unterscheiden, und dies könnte wiederum Verbindungen zum semantischen System komplizieren (McQueen & Cutler 1998).

Und was ist mit Wörtern, die sich nicht aus morphologischen Untereinheiten zusammensetzen? Da solche Wörter nicht zerlegt werden können, wurde angenommen, dass sie Verarbeitungsmechanismen erfordern, die über ganze Wörter operieren.

Um Antworten auf diese Fragen zu finden hat Taft das Modell der morphologischen Dekomposition im Laufe der Zeit weiterentwickelt. Im Laufe dieser Entwicklung wurde die Wortebene durch eine Ebene der Repräsentation ersetzt, welche eine Verbindung zwischen Funktion (Semantik, Syntaktik, Pragmatik etc.) und Form bereit stellt, unabhängig von der Form des Inputs, und somit wird auch die morphemische Struktur inkorporiert. Taft nennt diese Repräsentationsebene die Lemma Ebene. Im AUSTRAL Modell von Taft repräsentiert die Formebene nur einzelne Silben, unabhängig davon, ob sie ein ganzes Wort ergeben oder nicht. Dabei verbindet die Lemmaebene, als erste Repräsentationsebene, die Ebene der Form und der Funktion.

Durch die Lemmaebene als Vermittler zwischen der Form- und Funktionsebene kann somit auch der Prozess der Erkennung von affigierten Wörtern oder von gebundenen Morphemen, die keine Wörter sind, genauer erklärt werden (für mehr Details siehe Taft 2014)

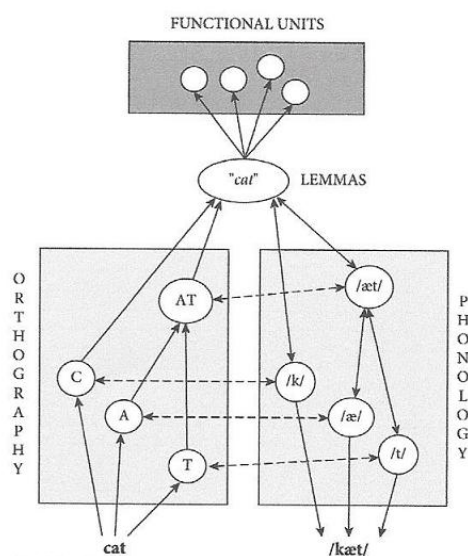


Abbildung 2: Das AUSTRAL Modell als Weiterentwicklung des Modells der obligatorischen Dekomposition von morphologisch komplexen Wörtern (Taft 2014: 4)

Andere Modelle, die, im Gegensatz zum Modell der morphologischen Dekomposition, von zwei Verarbeitungswegen für die Worterkennung ausgehen, sind die sogenannten dualen Modelle der Sprachverarbeitung.

1.2.3 Duale Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung

Duale Modelle gehen davon aus, dass im mentalen Lexikon sowohl ganze Wörter als auch einzelne Morpheme repräsentiert sind. Dementsprechend haben Sprecher Zugang zu zwei verschiedenen Verarbeitungswegen für die Worterkennung: Entweder wird das komplexe Wort prälexikalisch analysiert und in Stamm und Affixe zerlegt (regelbasiertes System) oder es erfolgt ein direkter Zugriff auf das ganze Wort.

Vor allem Ergebnisse, die einen Unterschied zwischen regulär flektierten und irregulär flektierten Wörtern aufweisen, wurden im Sinne von Zwei-Routen-Modellen interpretiert. Es wurden u.a. unterschiedliche ereigniskorrelierte Potentiale im EEG für reguläre und irreguläre Wörter im Deutschen nachgewiesen. Dieser Unterschied wurde als Hinweis auf verschiedene Verarbeitungswege interpretiert (Lück et al. 2006, Penke et al. 1997).

Für einen Überblick über weitere Studien, die von einem dualen Modell der Sprachverarbeitung ausgehen, siehe Baayen, Dijkstra & Schreuder 1997; Caramazza, Laudanna & Romani 1988; Isel, Gunter & Friederici 2003; Sandra 1990; Schreuder, Neijt, Van der Weide & Baayen 1998; Zwitserlood 1994.

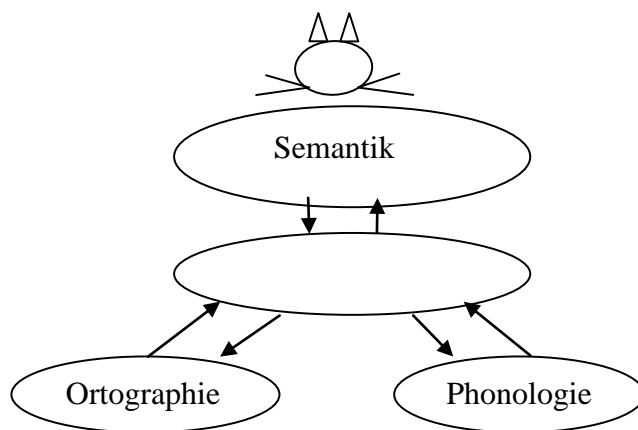
Ganz anders wird die Frage nach der Bedeutung von Morphemen in der Sprachverarbeitung von konnektionistischen Modellen gelöst.

1.2.4 Konnektionistische Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung

Eine Variante eines konnektionistischen Modells der Sprachverarbeitung wurde u.a. von Plaut und Gonnerman (2000) entwickelt. Das Modell von Plaut und Gonnerman zeigt kognitive Prozesse als Interaktionen zwischen großen Gruppen von Einheiten. Morpheme werden dabei nicht als explizite Repräsentationen dargestellt, sondern entstehen aus der Überlappung von Form und Bedeutung. Semantik, Orthographie und Phonologie stellen Gruppen von Verarbeitungseinheiten dar, die alle miteinander verbunden sind.

Durch die Einführung sogenannter *hidden units* werden auch komplexe Beziehungen zwischen den Einheiten repräsentiert. Morphologie reflektiert dabei die semantischen Beziehungen zwischen den Verarbeitungseinheiten. Durch diese Interaktion entstehen nicht-diskrete, morphologische Strukturen

Im konnektionistischen System ist Morphologie also eine Charakterisierung der Struktur, die im Lexikon präsent ist. Sie hat keinen unabhängigen Repräsentationsstatus und ist an keinem Ort unabhängig repräsentiert.



Katze

/katsə

Abbildung 3: Ein konnektionistisches Modell am Beispiel des Wortes Katze. Die Repräsentation des Wortes wird aus der Aktivierung der drei Einheiten zusammengesetzt (modifiziert aus Gonnerman, Seidenberg, und Anderson 2007).

In den Reaktionszeitexperimenten von Gonnerman et al. (2007) hängen die morphologischen Primingeffekte von der Stärke des semantischen und phonologischen Zusammenhangs ab und werden eindeutig nicht als Hinweis auf morphologische Verbundenheit interpretiert.

Allerdings gibt es eine Reihe von Studien (Boudelaa & Marslen-Wilson 2000; Marslen-Wilson 2001; Smolka et al. 2007), welche morphologische priming Effekte auch bei nur morphologisch verbundenen Wörtern, die nicht semantisch verbunden waren, nachgewiesen haben und somit letztendlich die Annahmen konnektionistischer Modelle widerlegt haben.

Im Gegensatz zu den vorgestellten morphologischen Modellen der Sprachverarbeitung geht der morphologisch distribuierte Ansatz davon aus, dass lexikalische Kategorien per

se gar nicht existieren und erst später in der Syntax gebildet werden. Nach diesem Ansatz gibt es keine direktionale morphologische Operation, wie in unserem Fall die Nomen-zu-Verb und Verb-zu-Nomen Konversion. Warum diesen Annahmen widersprochen werden muss, werde ich im Folgenden darlegen.

1.2.5. Der distribuierte morphologische Ansatz

Der distribuierte morphologische Ansatz ist, wie schon erwähnt, eine Theorie ohne lexikalische Kategorien wie Nomen oder Verben. Dieser Ansatz wurde vor allem von Halle und Marantz entwickelt (Halle & Marantz 1993, 1994, Marantz 1997, siehe auch Harley & Noyer 1999).

Lexikalische Wurzeln wie \sqrt{grow} und $\sqrt{destroy}$ sind, auf die Kategorie bezogen, neutral: Wenn sie in eine nominale Umgebung eingefügt werden, ist das Ergebnis eine Nominalisierung, wenn sie in eine verbale Umgebung eingefügt werden, entstehen Verben (Marantz 1997).

Dies impliziert, dass es keine direkte morphologische Beziehung zwischen dem Verb *to grow* und dem Nomen *growth* gibt, keine Wortform ist von der anderen deriviert. Der distribuierte Ansatz schließt folglich aus, dass es direktionale Nomen-zu-Verb oder Verb-zu-Nomen Derivationen gibt. Vielmehr entstehen Wörter in der Syntax durch Prozesse, die sich nicht von syntaktischen Prozessen unterscheiden, welche Morpheme und/oder Wörter zusammenfügen. Phonologie oder Verbindungen von Struktur und Bedeutung werden nicht im Lexikon deriviert. Das Lexikon ist charakterisiert durch eine Anzahl von distribuierten, nicht maschinellen Listen, welche unabhängig voneinander Wurzeln, Laute und spezielle Bedeutungen beisteuern. Es werden also multiple, distribuierte Punkte der Einfügung in die Syntax postuliert und die Korrespondenz zwischen syntaktischer Struktur und Bedeutung ausgeweitet.

Die Hauptaufgabe von Morphologie ist es, als Brücke zwischen Syntax und Phonologie zu fungieren. Die drei zentralen Eigenschaften eines distribuierten Ansatzes sind:

1. Spätes Einfügen: Die Endpunkte sind Komplexe von semantischen und syntaktischen Merkmalen, wobei phonologische Merkmale systematisch fehlen. Die phonologischen Merkmale werden erst nach der Syntax durch das Einfügen von Merkmalen in die Endpunkte ergänzt.

2. Unterspezifizierung: Das eingefügte Merkmal muss nicht jedes Merkmal, das im Knoten spezifiziert ist, matchen. Merkmale sind unterspezifiziert und das am höchsten spezifizierte Merkmal gewinnt den Wettbewerb und wird eingefügt.
3. Die syntaktische hierarchische Struktur nach unten: Alles wird von oben nach unten durch die Prinzipien und Operationen der Syntax bestimmt.
4. Das explizite Auflisten von bestimmten Lautbedeutungspaaren, Veränderungen der Argumentstruktur sowie kategorielle Spezifizierungen werden im distribuierten Ansatz stark minimiert.

Unterstützt wurde der distribuierte Ansatz durch Barner & Bale (2002). Auch sie lehnen lexikalische Kategorien ab, indem sie u.a. die Rolle lexikalischer Modelle im Spracherwerb kritisieren. Demnach ist es viel ökonomischer, davon auszugehen, dass Kinder im Spracherwerb nur eine Wortwurzel erlernen und die verschiedenen Ausprägungen und Funktionen von Wörtern erst in der Syntax gebildet werden.

Doch es gibt eine Reihe von Untersuchungen, die gezeigt haben, dass bestimmte Sprachphänomene nur unter Annahme lexikalischer Kategorien erklärt werden können (siehe Don 2005; Kiparsky 1997). Vor allem in Bezug auf die Konversion wird die Hypothese vertreten, dass die Konversion ein direktionaler Prozess ist, so dass eine Form immer „mehr basisch“ ist als die andere.

Sprachgeschichtlich und bezogen auf die semantische Verbundenheit beider Formen konnte für das Holländische und Deutsche, wie auch für andere Sprachen (Kiparsky 1982) gezeigt werden, dass es abgeleitete Nomen und abgeleitete Verben gibt (Don 2005). Dies spricht für die Direktionalität von Konversion und gegen Unterspezifikation. Kiparsky (1982, neu aufgelegt 1997) konnte z.B. zeigen, dass bestimmte Prosodiemuster im Englischen nur durch eine Unterscheidung zwischen $V > N$ und $N > V$ Konversion erklärt werden können.

Don (2005) demonstriert in seiner Analyse, dass unregelmäßige Verben im Englischen keine Nomen mit dem Geschlechtsmerkmal Neutrum als Konversionen haben, und dass das einheitliche Geschlecht von derivierten Nomen im Holländischen eine direktionale Analyse von Konversionen unterstützt. Dies impliziert, dass Kategorien im Lexikon für das Merkmal Kategorie auch explizit markiert sind.

Für das Argument der Ökonomie im Spracherwerb von Barner & Bale bedeutet dies, dass im Spracherwerb vom Erlernen bestimmter Kategorien wie Nomen und Verben

ausgegangen werden muss, denn ohne Kategorien könnte bestimmte Sprachprozesse nicht erklärt werden (siehe Caramazza & Hillis 1991; Don 2005, 2004, 1993).

Die vorliegende Studie ist ein weiterer Beweis für die Annahme direktonaler Derivationen und spricht gegen einen morphologisch distribuierten Ansatz der Sprachverarbeitung.

Nach dem morphologisch distribuierten Ansatz gibt es keine direktonale Derivation und somit auch keinen Unterschied in der Stabilität verschieden gerichteter Ableitungen. In der Konsequenz dürfte auch kein Unterschied in der neuronalen Verarbeitung dieser Ableitungsrichtungen zu sehen sein.

Wie sich bei den Ergebnissen der Dissertationsschrift zeigen wird, ist genau das Gegenteil der Fall. Der Unterschied in der Stabilität von direktonalen Derivationen spiegelt sich, zumindest bei Konversionen, in einem Effizienzunterschied der neuronalen Verarbeitung wider.

1.2.6. Die Einordnung der Experimente in die verschiedenen Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung

Die in dieser Dissertation vertretene Hypothese der effizienteren¹ Verarbeitung des stabileren Musters der diachron motivierten Derivationsrichtung von Nomen zu Verb lässt sich am besten mit den Annahmen von Modellen der morphologischen Dekomposition vereinbaren. Die Annahme der effizienteren Verarbeitung des stabileren morphologischen Musters durch den in der Sprachgeschichte verankerten Prozess der häufig stattfindenden Reanalyse nur einer Derivationsrichtung lässt sich gut in ein Modell der morphologischen Dekomposition integrieren. Bei Modellen morphologischer Dekomposition werden morphologisch komplexe Wörter in ihre Konstituenten zerlegt und dieses Dekompositionsprinzip unterliegt ebenfalls einer effizienten Verarbeitung bzw. Speicherung, da der Stamm eines Wortes für eine Anzahl von Wörtern nur einmal gespeichert wird.

Wenn eine Zerlegung von morphologisch komplexen Wörtern möglich ist, wird dies auch vom Gehirn so effizient wie möglich genutzt. Dies haben verschiedene priming

¹ In den diskutierten Experimenten wird Effizienz so definiert, dass stabilere Muster (Stabilität kann dabei durch verschiedene Aspekte beeinflusst werden, wie z.B. stabiler, da häufiger benutzt oder stabiler, da weniger komplex) vom Gehirn effizienter im Sinne von einfacher (messbar an schnellerer Verarbeitung und verknüpft damit, weniger mentaler Anstrengung) verarbeitet werden.

Studien erfolgreich demonstrieren können (z.B. Longtin 2005 und Marslen-Wilson 2008). Wird ein Zielwort durch ein morphologisch verbundenes Wort geprimt, wird es schneller erkannt, als wenn es durch ein morphologisch nicht verbundenes Wort geprimt wird. Das zeigt, dass die morphologische Komponente der Sprachverarbeitung eine wichtige Rolle spielt und sich nach bestimmten Effizienzkriterien richtet.

Genauso verhält es sich bei anderen morphologischen Markierungen, wie in unserem konkreten Fall von Derivationen und ihren Derivationsrichtungen. Ist eine Derivationsrichtung stabiler als die andere, wird dies vom Gehirn durch eine schnellere Verarbeitung dieser stabileren Muster und weniger mentalem Verarbeitungsaufwand genutzt.

Während andere Modelle, wie die Modelle der ganzen Wortverarbeitung oder konnektionistische Modelle, der morphologischen Komponente gar keine oder nur eine untergeordnete Rolle in der Sprachverarbeitung zusprechen, ist diese in einem Modell morphologischer Dekomposition eine wichtige Komponente der Sprachverarbeitung. Dies lässt sich mit der Annahme der effizienten Verarbeitung diachron motivierter stabiler Muster im Gegensatz zu weniger stabilen Mustern morphologischer Derivationen am besten vereinbaren. Die Entdeckung der neuronalen Reflektionen von diachronen Unterschieden in morphologischen Konstruktionen wird als Hinweis für einen unabhängigen Repräsentationsstatus der Morphologie gesehen, ansonsten müssten auch anderen Einflüsse, wie z.B. semantische Einflüsse, evidenter werden.² Im Gegensatz zu konnektionistischen Modellen, die durch das Muster der Verbindungen zwischen den Wörtern von einer impliziten Repräsentation der morphologischen Konstruktionen ausgehen, wird von einer expliziten und unabhängigen Repräsentation der morphologischen Komponente ausgegangen.

Da in den Experimenten Derivationen und nicht Flektionen untersucht werden, können keine Schlussfolgerungen über die Annahmen dualer Modelle gezogen werden. Die Annahmen dualer Modelle werden aber auch nicht abgelehnt, da, je nachdem welche morphologischen Konstruktionen verarbeitet werden (Derivationen, Flektionen etc.) und welche Anforderungen dadurch an das sprachliche Verarbeitungssystem gestellt werden, es durchaus möglich ist, dass im Fall von Flektionen zwei Verarbeitungswege (direkter Zugriff vs. regelbasiert) genutzt werden.

² Eine Subanalyse der Stimuli mit einer Einteilung nach semantischen Eigenschaften in konkrete vs. abstrakte Stimuli hat aber keinen Einfluss der Semantik auf die Ergebnisse gezeigt

1.3. Ein Einblick in Untersuchungen zur Effizienz der Verarbeitung morphologischer Konstruktionen

Da sich diese Dissertation mit morphologischen Strukturen befasst, die unterschiedlich effizient verarbeitet werden, stellt sich die Frage, wie die Effizienz von Verarbeitungsstrukturen getestet werden kann.

Eine Möglichkeit der Überprüfung von Effizienz in der Verarbeitung morphologisch komplexer Wörter sind Verhaltensstudien mit priming. Durch den Vergleich der Antwortzeiten in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe mit masked priming über die verschiedenen Bedingungen hinweg zeigt sich kontinuierlich folgendes Bild: Wenn Wörter durch derivierte sowie auch durch pseudo-derivierte Wörter geprimt werden, werden die Zielwörter schneller und somit effizienter als nicht-derivierte Wörter erkannt. Da dieser Effizienzvorteil in der Verarbeitung nicht phonologisch oder semantisch erklärbar ist, werden diese Effekte als morphologische Effekte eingestuft. Diese Ergebnisse legen die Schlussfolgerung nahe, dass in der Sprachverarbeitung morphologische Verbundenheit als hocheffizientes Organisationsprinzip des Gehirns genutzt wird.

Eine zweite Möglichkeit, die Effizienz der Verarbeitung von morphologisch komplexen Wörtern zu untersuchen, ist der Vergleich der Antwortzeiten in verschiedenen Zeitfenstern in einer Reihe von EEG priming-Studien oder in EEG Studien mit lexikalischer Entscheidungsaufgabe. Auch hier werden Beweise dafür gefunden, dass das Gehirn die morphologische Komplexität von Wörtern unterschiedlich effizient verarbeitet. Morphologisch verbundene Wörter werden mit weniger Aufwand (reduzierte N400) verarbeitet als Wörter, die nicht morphologisch verbunden sind (ansteigende N400) (Dominguez 2004, Lavric 2007, Morris 2008). Über die in Tabelle 1 aufgeführten Studien hinweg kann dieser Effizienzvorteil morphologischer Verbundenheit nicht durch die phonologischen oder die semantischen Eigenschaften der Wörter erklärt werden.

Eine dritte Möglichkeit, die Effizienz der morphologisch komplexen Wörter zu testen, ist die Überprüfung der Verarbeitung mit Hilfe von bildgebenden Verfahren wie fMRT und MRT. In diesen Studien wurden reduzierte Verarbeitungsanforderungen für morphologisch komplexe Wörter in bestimmten Gehirnregionen gefunden. Das Gehirn verarbeitet auch hier morphologisch zerlegbare Wörter effizienter. Allerdings kann in den unten genannten Studien diese effizientere Verarbeitung morphologisch derivierter

Wörter nicht von orthographischer (bzw. phonologischer) oder semantischer Verbundenheit getrennt werden (siehe Devlin et al. 2004: Morphologie als Konvergenz von Form und Bedeutung und Bozic et al. 2013: mit reduzierter Verarbeitungsanforderung nur für semantisch transparente derivierte Formen).

Tabelle 1: Hinweise für die effiziente Verarbeitung morphologisch komplexer Wörter

Studie	Methode	Resultate
Longtin et al., 2005	Verhaltensstudie: priming bei kurzer Präsentation der Wörter (47ms), lexikalische Entscheidungsaufgabe, Experiment 1: mit semantisch interpretierbaren Pseudowörtern als primes, Experiment 2: nicht morphologische Pseudowörter als primes (Endung des Wortes existiert, ist aber kein Suffix), Experiment 3: Pseudowörter als primes (Kombination von Wurzel und Suffix ist nicht interpretierbar).	<ul style="list-style-type: none"> – Experiment 1: morphologisch komplexe Pseudowörter vereinfachen signifikant die Erkennung ihrer Wurzeln, äquivalent zum priming Effekt, wenn derivierte Wörter als primes fungieren. – Experiment 2: kein priming Effekt, kein orthographisch erklärbarer Effekt. – Experiment 3: Semantische Interpretierbarkeit der morphologisch komplexen Wörter beeinflusst das priming nicht.
Marslen-Wilson et al., 2008	Verhaltensstudie: priming mit sublimierten primes; lexikalische Entscheidungsaufgabe mit Variation der SOAs ³ (= Stimulus Onset Asynchrony), Bedingungen: Morphologische Dekomposition, Semantische Verbundenheit, orthographische Überlapung: Bedingungen: 1. -M, -S, +O; 2. +M, -S, +O; 3. +M, MidS (mittlerer Level semantischer Verbundenheit), +O; 4. -M, MidS, -O; 5. +M, +S, +O; 6. -M, +S, -O	<ul style="list-style-type: none"> – Kein Effekt von orthographischer Verbundenheit bei irgendeinem der SOAs. Semantische Verbundenheit interagiert nicht mit Effekten der morphologischen Dekomposition (ist stark bei allen SOAs und auch für pseudo-suffigierte Wörter wie <i>archer-arch</i>).
Mc.Kinnon et al., 2003	EEG: lexikalische Entscheidungsaufgabe; EKPs für Wörter, Nicht-Wörter ohne Morphem, Nicht-Wörter mit einem Präfix und einem nicht produktiven gebundenem Stamm.	<ul style="list-style-type: none"> – Nicht-Wörter mit einem gebundenen Stamm zeigen eine Antwort im Gehirn, die den Antworten auf reale Wörter sehr ähnlich ist. – Morphologische Dekomposition breitet sich auch auf nicht produktive Morpheme aus.

³gemessene Zeit zwischen dem Beginn eines Stimulus und dem Beginn eines anderen Stimulus

Dominguez et al., 2004	EEG priming Studie: lexikalische Entscheidungsaufgabe mit morphologisch verbundenen Paaren und Stammhomograph-Paaren.	<ul style="list-style-type: none"> – Zeitbereich 400ms: früher Bereich der N400: morphologisch verbundene Paare und stammhomographe Paare abgeschwächte N400; späterer Bereich: Reduktion der N400 für morphologisch verbundene Paare, Anstieg der N400 für Stammhomographen.
Lavric et al., 2007	EEG priming Studie mit subliminierten primes: lexikalische Entscheidungsaufgabe für morphologische verbundene vs. unverbundene Wörter.	<ul style="list-style-type: none"> – Zeitbereich 400ms: Reduzierung der N400 auf Zielwörter, die verbundene primes vorangestellt hatten verglichen mit den Zielwörtern, die unverbundene primes vorangestellt hatten.
Morris et al., 2008	EEG priming Studie mit subliminierten primes: lexikalische Entscheidungsaufgabe für morphologische verbundene vs. unverbundene Wörter	<ul style="list-style-type: none"> – 200-300ms und 350-400ms: morphologische Effekte; Antworten auf Zielwörter, die auf unverbundene primes folgen negativer als die Antworten auf Zielwörter, die morphologisch verbundenen primes folgen.
Devlin et al., 2004	MRT: visuelle priming Studie mit subliminierten primes, formüberlappende morphologisch komplexe Wörter, semantisch überlappende und morphologisch komplexe Wörter, die dieselben Morpheme teilen	<ul style="list-style-type: none"> – Neuronale Regionen, die für die morphologische Struktur sensibel sind, überlappen mit Regionen, die auch für orthographische und semantische Verbundenheit sensibel sind; Morphologie entsteht aus der Konvergenz von Form und Bedeutung.
Bozic et al., 2013	fMRT: „same gap detection task“: Teilnehmer müssen entscheiden, ob Wörter und nur Laute eine stille Pause enthalten, morphologisch transparent produktive und transparent nicht-produktive Wörter, opak produktive und opak nicht-produktive Wörter, nur Wörter, die Stämme enthalten (<i>scandal</i>), einfache Wörter (<i>giraffe</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – Keine selektive Beteiligung der LH Systeme und kein Beweis für links-lateralisierte Prozesse, die von den Eigenschaften derivationaler Suffixe gesteuert werden. – Bei der semantisch transparenten Bedingung: das bilaterale System ist für die dekompositionalen Aspekte der lexikalischen Repräsentationen sensibel mit einer reduzierten Verarbeitungsanforderung für semantisch transparente derivierte Formen.

Eine Reihe von Studien befasst sich nicht mit dem derivationalen Aspekt von Morphologie, sondern mit flektierten morphologischen Wörtern. Die Studie von Marslen-Wilson & Tyler (2007) geht von einem dekompositionalen Netzwerk aus, das den links-inferioren frontalen Kortex mit dem superioren und mittleren temporalen Kortex ver-

bindet, wiederum verbunden durch den arcuate fasciculus⁴. Dieses Netzwerk reguliert die Verarbeitung von regulär flektierten Wörtern (wie *joined* oder *treats*), für die angenommen wird, dass sie nicht als ganze Formen gespeichert sind und wird ausgelöst durch ihre oberflächlich phonologischen Eigenschaften. Verschiedene Studien liefern, nach Marslen-Wilson & Tyler (2007), Beweise für ein verstecktes dekompositionales Substrat der menschlichen Sprachverarbeitung, welche komplexe Muster erkennt und hocheffizient nutzt.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über weitere Studien, die vor allem den Unterschied zwischen regulärer und irregulärer Flektion untersuchten und daraus die Annahme für ein Netzwerk der Sprachverarbeitung entwickelt haben, welches dekompositional organisiert ist und dieses Prinzip hocheffizient nutzt.

Eine Möglichkeit, die Annahmen der Modelle zu testen, sind EEG priming Studien. Dabei wird das morphologische Priming bestimmt und eine N400 Reduzierung der regulären Bedingung im Vergleich zu der irregulären Bedingung als Indiz für die effizientere, im Sinne einer einfacheren Verarbeitung, zerlegbarer Wörter interpretiert (siehe Münte 1999).

Eine zweite Möglichkeit ist der Vergleich von Antwortlatenzen von Patientengruppen, die dokumentierte Schwierigkeiten mit der Verarbeitung regulärer Formen haben. Konsistent langsamere Antwortlatenzen in der regulären Bedingung im Vergleich zu anderen Bedingungen unterstützen die Annahme von einem System im Gehirn, das zerlegbare Formen unabhängig von anderen Formen verarbeitet. Bei einer Schädigung dieses Systems ist dann auch die Effizienz der Verarbeitung gestört (Tyler 2002a).

Eine andere Variante der Überprüfung eines dekompositionalen Substrats der menschlichen Sprachverarbeitung sind Läsionsstudien mit gehirngeschädigten Patienten. Das Vorliegen einer doppelten Dissoziation (zwei Gruppen von Patienten mit unterschiedlicher Gehirnschädigung weisen genau gegensätzliche Defizite in der Verarbeitung regulärer und irregulärer Formen auf), unterstützt die Annahme, dass der Verarbeitung von regulären und irregulären Formen zwei unabhängig repräsentierte und funktionierende Systeme der Sprachverarbeitung zugrundeliegen (z.B. Tyler 2002b).

⁴Nervenfasern, die zwei für die Sprachverarbeitung wichtige Bereiche im menschlichen Gehirn verbinden, das Wernicke-Areal und das Broca-Zentrum.

Andere Studien arbeiten mit voxel-basierten Korrelationsanalysen des Gehirns. Hier werden Resultate aus priming Studien gesunder Versuchspersonen mit denen von Patienten verglichen. Abweichungen werden als Beweis für die funktionale Differenzierung zwischen Gehirnregionen gesehen. In diesem Fall wird ebenfalls die Annahme unterstützt, dass das dekompositional organisierte und effiziente Verarbeitungsprinzip auch unabhängig im Gehirn repräsentiert ist (z.B. Tyler 2005).

Tabelle 2: Verarbeitung regulärer vs. irregulärer Formen als Beweis für ein effizientes dekompositionales Organisationsprinzip

Studie	Methode	Resultate
Münste, 1999	EEG: priming Studie: irregulär vs. regulär flektierte Wörter, primed Bedingung: regulär: <i>stretched-stretch</i> , irregulär: <i>fought-fight</i> , unprimed Bedingung: regulär: <i>walked-stretch</i> , irregulär: <i>sang-teach</i> , Kontrollbedingung: prime teilt initiale Phoneme: <i>sincere-sin</i> , prime teilt initiale Phoneme nicht: <i>board-sin</i> , Differenz zwischen EKPs zu primed und unprimed Stämmen wird als Maß für morphologisches priming benutzt.	– EKPs für reguläre Verben sind klar verschieden (N400 Reduzierung) zu EKPs für irreguläre Verben, geprimte irreguläre Verben zeigen keinen solchen Effekt; N400 Modulation für reguläre Verben kann nicht dem formalen (phonologischen oder orthographischen) priming zugeschrieben werden.
Tyler et al., 2002a	Läsionsstudie: schnelle Beurteilungsaufgabe, hören von Wortpaaren und Reaktion, wenn zwei Stimuli in einem Wortpaar verschieden sind; 4 Patienten mit dokumentierten Problemen der regulären Vergangenheitsform, Bedingungen: regulär flektierte Formen (<i>played/play</i>), irreguläre Formen (<i>sank/sink</i>), pseudoreguläre (<i>grade/grey</i>), pseudoirreguläre (<i>port/peach</i>), morphologisch einfache Paare, die sich in einem Merkmal unterscheiden (<i>bat/bad</i>), Weglassen eines Phonems (<i>pike/pie</i>), reguläre Nicht-Wort-Bedingung (<i>thrayed/thray</i>), irreguläre Nicht-Wort Bedingung (<i>hort/heach</i>), Nicht-Wortpaare, die sich in einem Merkmal unterscheiden (<i>gat/gad</i>) und in einem Phonem (<i>snike/sny</i>).	– Antwortlatenzen der Patienten für regulär flektierte Wortpaare waren konsistent langsamer als in jeder anderen Bedingung. – Für generelle phonologische Verarbeitungsdefizite verschiedene Tests der phonologischen Verarbeitungsfähigkeit durchgeführt: Schwierigkeiten von sehr mild zu stark, korreliert aber nicht mit der schnellen Beurteilungsaufgabe.

- Tyler et al., 2002b
- Läsionsstudie: 5 nicht fließend sprechende aphasische Patienten mit Schädigung in der linken Hemisphäre und 4 Patienten mit semantischen Defiziten, die aus einer HSE (=Herpes-Simplex-Encephalitis) Erkrankung⁵ resultieren, mit Schädigung des inferioren temporalen Kortex. Aphasische Patienten: lexikalische Entscheidungsaufgabe mit priming: prime Wörter: regulär oder irregulär flektierte Wörter, gefolgt vom Verbstamm oder einem unverbundenen Kontrollwort, nur semantisch verbundene prime-Zielwort-Paare, nur phonologisch verbundene prime-Zielwort-Paare.
- Aphasische Patienten: kein priming für die regulären Vergangenheitsformen, aber signifikantes priming für die irregulären (Kontrollgruppe zeigt priming für beide Bedingungen)
- Tyler et al., 2005
- 4 HSE Patienten: Vergangenheitsform Vervollständigungsaufgabe, reguläre und irreguläre Verben mit einem Zwei-Satz-Kontext für jedes Verb, wobei der zweite Satz nicht komplett ist (erfordert eine Vervollständigung durch ein reguläres oder irreguläres Verb); Beispiel: *My nose sometimes bleeds. Last night it(bled)*. Läsionsstudie: Korrelationsanalyse: voxelbasierte Methode für das ganze Gehirn; korreliert Signalintensität über das gesamte Gehirn von hirngeschädigten Patienten und priming Punkten aus Verhaltensstudie mit gesunden VPs: reguläre Paare in der Vergangenheitszeit (*turned-turn*), irreguläre Paare in der Vergangenheitszeit (*began-begin*), phonologisch verbunden (*tent-ten*), einfache Wörter (keine semantische, phonologische, morphologische Verbundenheit (*coast-shore*))
- HSE Patienten: zeigen signifikant geschädigte Performance für die irregulären Formen im Vervollständigungstest
 - Zwei trennbare, aber unabhängige Systeme liegen der Verarbeitung von regulären und irregulären Vergangenheitsformen zugrunde
 - Gesunde VPs zeigen ein robustes Muster von priming für reguläre und irreguläre flektierte Wortpaare und für semantisch verbundene Paare, aber kein priming für phonologisch verbundene Wörter.
 - Diese priming Punkte werden korreliert mit T1 Bildern von 22 Gehirn geschädigten Patienten (vor allem linkslateralisierte Gehirnschädigung)
 - Korrelationsanalyse zeigt funktionale Differenzierung zwischen verschiedenen Gehirnregionen verbunden mit der Verarbeitung von lexikalischer Form, Bedeutung und morphologischer Struktur

⁵ Entzündung des Gehirns aufgrund einer Infektion mit Herpes-simplex-Viren (HSV-1 und HSV-2)

Ein weiterer Unterschied in der Effizienz von Verarbeitungsstrukturen wird normalerweise in Studien gefunden, die die Frequenz von Wörtern modulieren. Der Frequenzefekt ist ein bekannter Effekt, der die Verarbeitung von Wörtern im menschlichen Gehirn beeinflusst. Hochfrequente Wörter werden dabei leichter und schneller verarbeitet als Wörter mit einer niedrigeren Frequenz. (Oldfield & Wingfield 1965; Sereno & Rayner 2003; Dambacher et al. 2006).

Auch die EEG Studie von Hauk & Pulvermüller (2004) zeigt, dass in einem Latenzbereich von 150-190ms und von 320-360ms hochfrequente Wörter im Vergleich zu niederfrequenten Wörtern geringere EKP Amplituden hervorrufen (geringere Amplituden für hochfrequente Wörter stehen im Einklang mit den Ergebnissen aus anderen Studien, (siehe Rugg 1990; Van Petten & Kutas 1990; Brown et al. 1999; Assadollahi & Pulvermüller 2001a).

„Je öfter ein Wort verarbeitet wird, desto effizienter werden die synaptischen Verbindungen, die dieses Wort im Netzwerk repräsentieren, so dass weniger Aktivierung erforderlich ist, um das korrespondierende Wort herauszuziehen“ (Hauk & Pulvermüller 2004: 1102, ins Deutsche übersetzt).

Auch in der Erkennung von gesprochenen Wörtern wird von einem funktionell spezialisierten neuronalen System ausgegangen. Nicht-Wörter werden, sobald sie sich von realen Wörtern unterscheiden, erkannt (sogenannter Nicht-Wort-Punkt, Marslen-Wilson 1984). Dies reflektiert das ununterbrochene Evaluieren von Sprachinputs gegen lexikalische Repräsentationen.

In der fMRT Studie von Zhuang et al. (2011) werden die neuronalen Reflexionen von Nicht-Wort-Punkt-Effekten (durch Manipulation des Nicht-Wort-Punktes), der Wettbewerbsprozess und die Auswahl von Wörtern im Worterkennungsprozess untersucht. Sequenzen mit späteren Nicht-Wort-Punkten sollten demnach stärkere lexikalisch-semantiche Aktivierung in Gehirnregionen generieren, die den primären Prozess von lexikalischem Zugang unterstützen. Größere Gehirnaktivität wurde im links temporalen Kortex für die späteren Nicht-Wort-Punkt-Sequenzen gefunden. Genau diese links temporalen Regionen bestimmen die Verbindung zwischen hereinkommender phonologischer Information und zugrundeliegenden lexikalischen Repräsentationen. Der Wettbewerbsprozess wird durch die Anzahl der initial aktivierten Wortkandidaten (Wettbewerb) und ihre spätere Ausfallrate (Selektion) untersucht. Erhöhter lexikalischer Wett-

bewerb erhöhte auch die Aktivität im bilateralen ventralen inferioren frontalen Gyrus, während erhöhte lexikalische Selektionsanforderungen den bilateralen dorsalen inferioren frontalen Gyrus aktivierten.

Die Resultate verweisen auf eine funktionale Differenzierung der frontal temporalen Systeme für die Verarbeitung gesprochener Sprache, wobei der linke mittlere temporale Gyrus (MTG) und der superiore temporale Gyrus (STG) im Zuordnen von Lauten zur Bedeutung aktiviert ist, der bilaterale ventrale inferiore frontale Gyrus in weniger beschränkter früher Verarbeitung des Wettbewerbs involviert ist und der bilaterale dorsale IFG bei späteren feineren Selektionsprozessen aktiv wird. Die Resultate demonstrieren, dass Sprachlauten mit Hilfe eines optimal effizienten Gesamtsystems der Sprachverarbeitung Bedeutungen zugeordnet werden.

Einen Schritt in Richtung der Kombination von theoretischer und typologischer Untersuchung ist die Studie von Meinzer und Kollegen. In dieser fMRT Studie für das Deutsche wurde die Verarbeitung und deren Topographie von morphologischen Konstruktionen im Gehirn untersucht (Meinzer et al. 2009). Die Studie vergleicht die neuronalen Signaturen von gelesenen derivierten deutschen Nomen mit einer hohen oder niedrigen komplexen internen Struktur. Typologisch gesehen ist die zugrundeliegende Struktur der zwei morphologisch komplexen Wörter verschieden. Die zentrale Fragestellung war, ob dieser zugrundeliegende Unterschied in der morphologischen Struktur vom Gehirn mit unterschiedlichem mentalem Verarbeitungsaufwand verarbeitet wird und ob die Verarbeitung durch die Aktivierung verschiedener Gehirnregionen unterstützt wird.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Ausmaß der Komplexität, auch wenn oberflächlich nicht transparent, den Dekompositionsprozess im Gehirn beeinflusst. Nur Nomen mit einer komplexeren internen Struktur (zwei-Schritt-Nomen⁶) regten im Vergleich zu weniger komplexen Nomen (ein-Schritt-Nomen⁷) erhöhte Aktivität in verschiedenen Gehirnregionen an.

Die Ergebnisse werden so interpretiert, dass im Fall der zwei-Schritt-Nomen die neuronalen Spuren im Gehirn während der automatischen Dekomposition dieser höher kom-

⁶zwei-Schritt-Nomen: Nomen die durch zwei Ableitungsschritte gekennzeichnet sind: Verb: lesen →Adjektiv: lesbar → Substantiv: Lesbarkeit

⁷ ein-Schritt-Nomen: Nomen, die durch einen Ableitungsschritt gekennzeichnet sind: Adjektiv: müde →Substantiv: Müdigkeit

plexen Nomen mehr Verarbeitungsaufwand haben. Diese erhöhten Anforderungen werden wiederum durch erhöhte Aktivität reflektiert.

Für die komplexeren Nomen wurde zusätzliche Aktivität nur in links-frontal-temporalen Regionen gefunden, was den inferioren frontalen, den anterior superiores und den posterioren mittleren temporalen Gyrus und auch rechts frontale Regionen miteinschließt.

Eine andere fMRT Studie von Pliatsikas et al. (2013) für das Englische untersucht, ähnlich wie die Studie von Meinzer et al. (2009), Derivationen, die durch einen Schritt abgeleitet werden, im Vergleich zu Derivationen, die durch zwei Schritte abgeleitet werden. In dieser Studie werden englische Wörter untersucht, die durch Nullderivation gekennzeichnet sind, bei denen also die derivationalen Schritte nicht offensichtlich markiert sind. In der Studie von Pliatsikas et al. (2013) geht es, wie in Experiment eins der Dissertation, um Nullderivationen, bei denen morphologische Komplexität nicht in Bezug zu einem Wechsel in der Oberflächenform steht. In einem fMRT Experiment mit lexikalischer Entscheidungsaufgabe wird die Verarbeitung von ein-Schritt abgeleiteten Derivationen (*soaking* → *soak V*), zwei-Schritt abgeleiteten Derivationen (*bridging* → *bridge V* → *bridge N*) und monomorphemischer Kontrollwörter (*gumble*) verglichen, wobei eine Antwort nur auf Nicht-Wörter gegeben werden musste.

Die Resultate zeigen eine erhöhte Gehirnaktivität für komplexe (ein-Schritt und zwei-Schritt Derivationen) vs. monomorphemischer (Null-Schritt) Formen in Gehirnregionen, die bei morphologischer Verarbeitung involviert sind, z.B. dem links inferioren frontalen Gyrus (LIFG). Die Aktivierung war dabei für zwei-Schritt Formen im Gegensatz zu ein-Schritt Formen erhöht.

Die Studie demonstriert, dass die morphologische Verarbeitung auf zugrunde liegender morphologischer Komplexität basiert und das unabhängig von offensichtlicher Markierung (Affigierung). Das bedeutet, dass die morphologische Verarbeitung nicht auf oberflächliche, formbasierte Segmentierung reduziert werden kann.

Für die Experimente der vorliegenden Dissertation ist diese Studie von besonderer Relevanz, weil hier schon für das Englische gezeigt werden konnte, dass das Gehirn funktionell spezialisiert und organisiert ist. In diesem Fall wird die zugrunde liegende, also nicht offensichtlich markierte, morphologische Komplexität vom Gehirn reflektiert. Die morphologisch weniger komplexen ein-Schritt Derivationen werden einfacher verarbei-

tet, während die morphologisch komplexeren zwei-Schritt Derivationen erhöhte Gehirnaktivität erfordern.

Eine andere fMRT Produktionsstudie von Marangolo et al (2006) verglich derivierte und flektierte Wörter des Italienischen miteinander. Die derivationale Aufgabe bestand darin, Nomen zu produzieren, die von Verben und von Adjektiven deriviert waren. Nach der Präsentation der derivierten Wörter musste das korrespondierende Verb generiert werden (Generationsaufgabe).

Die Ergebnisse zeigen, dass die derivationale Aufgabe ein bilaterales, frontal-parietales Netzwerk aktivierte. Bei der Verb-flektionalen Aufgabe hingegen gab es eine begrenzte Aktivierung dieses Netzwerkes in der linken Hemisphäre. Das derivationale Verarbeiten zeigte eine spezifische Aktivierung von links-fronto parietalen Regionen, das bedeutet, dass zusätzliche Komponenten für die derivationale Aufgabe verantwortlich sind. Der IFG (Inferiore frontale Gyrus) war bei der Verarbeitung von Verben stärker aktiviert als bei der Verarbeitung von Nomen.

Diese Resultate führten zu der Annahme, dass die Aktivierung von frontal-parietalen Regionen beider Hemisphären bei den notwendigen Antwortauswahlprozessen für das Derivieren der Nomen von Verben involviert ist. Diese Studie zeigt, dass es bei der Verarbeitung unterschiedlich derivationaler Strukturen einen Unterschied in der Aktivierung bestimmter Gehirnregionen gibt, was als ein Unterschied in der Effizienz der neuronalen Verarbeitung gewertet werden könnte.

Unterstützt wurden die Ergebnisse aus dieser Studie von einer früher durchgeführten Läsionsstudie (Marangolo et al. 2003). In dieser Untersuchung waren Patienten mit einer selektiven Schwierigkeit in derivationaler Morphologie (rechts-temporale-parietale Läsion) unfähig, von Verben derivierte Nomen zu produzieren. Im Gegensatz zu der späteren Studie von Marangolo weisen diese Ergebnisse darauf hin, dass es zumindest für das italienische Sprachsystem für die Verb-zu-Nomen Derivation einen zusätzlichen rechts hemisphärischen Beitrag gibt und die Aktivierung in diesem Fall nicht bihemisphärisch, sondern für die derivierten Nomen rechtshemisphärisch basiert ist. Die Ergebnisse sind somit in Bezug auf die Verarbeitung von Verb- und Nomen- Derivationen in verschiedenen Gehirnregionen teils unterschiedlich und es lässt sich keine klare Aussage machen, welche Gehirnregionen tatsächlich bei der Verarbeitung der Derivationen beteiligt sind.

Andere Studien über die Topographie von morphologischen Effekten zeigten, dass vor allem der LIFG (Links Inferiore Frontale Gyrus) bei der Verarbeitung von morphologisch komplexen Wörtern aktiviert ist. In der Studie von Bozic et al. (2007) zeigt der LIFG eine reduzierte Aktivität für morphologisch verbundene Paare und der beobachtete Effekt taucht bei der Verarbeitung von morphologischer Struktur auf, auch wenn eine semantische Überlappung fehlt. Dies verweist wiederum auf ein unabhängig repräsentiertes System der Verarbeitung morphologisch komplexer Wörter.

Vor dem Hintergrund dieser Untersuchungen und Ergebnisse wurde in den vorliegenden Experimenten die Verarbeitung morphologischer Derivationen mit ihren synchronen und diachronen Merkmalen im Gehirn untersucht.

Typologisch gibt es eine große Anzahl von Untersuchungen über morphologisch komplexe Wörter und ihre Derivationsrichtungen. Was jedoch fehlt sind Studien, die die neuronale Verarbeitung unterschiedlicher Derivationsrichtungen und die Auswirkungen der Asymmetrie in der diachronen Stabilität untersuchen. Die linguistischen Annahmen über lexikalische Kategorisierungen und Derivationsrichtungen von morphologischen Derivationen sollten durch neurolinguistische Experimente überprüft werden können. Das übergeordnete Ziel ist es, durch die experimentelle Überprüfung von typologischen Annahmen der Linguistik die für die sprachwissenschaftliche Forschung wichtige Verbindung zwischen Neurolinguistik und typologischer Linguistik zu stärken.

Nach aktuellem Kenntnisstand ist die vorliegende Studie die erste Studie, die mit Hilfe von ereigniskorrelierten Potentialen den Zeitverlauf, die Topographie und die Verarbeitungsanforderungen von Wortklassen untersucht, die sich in der synchronen und diachronen Dimension als entweder basisch oder deriviert unterscheiden.

Die vorliegende Dissertationsschrift nimmt in Einklang mit den Ergebnissen aus anderen Studien an, dass in der neuronalen Verarbeitung bestimmte Merkmale unterschiedlich effizient verarbeitet werden. Stabilere Eigenschaften von Wörtern werden effizienter, im Sinne von schneller und einfacher, verarbeitet, als weniger stabile Eigenschaften von Wörtern. Im konkreten Fall werden dabei auch historische Stabilität bzw. Instabilität durch einen Effizienzunterschied in der neuronalen Verarbeitung reflektiert. Bevor die Experimente im Detail präsentiert werden, wird im nächsten Kapitel eine typologische Übersicht über Konversionen und die verschiedenen Derivationsrichtungen im Deutschen gegeben.

1.4. Morphologische Derivationen im Deutschen

1.4.1. Konversionen im Deutschen

Bei der Konversion handelt es sich um eine Transposition (also einen Wortartwechsel) ohne Affigierung oder Stammvokaländerung. In der linguistischen Literatur sind die Definition von Konversion und die Beschreibung des Prozesses umstritten. Die Streitfragen drehen sich spezifisch darum, ob Konversion ein morphologischer, ein syntaktischer bzw. derivationaler, ein flektionaler oder ein semantischer bzw. pragmatischer Prozess ist, oder eine Kombination aus all diesen Bereichen. Aus dieser Frage resultierten im Laufe der Forschung verschiedene Ansichten über Konversion.

Einige Linguisten ordnen die Konversion dem Oberbegriff der Derivation unter: „Conversion is a derivational process whereby an item changes its word-class without the addition of an affix“ - Konversion ist ein derivationaler Prozess, durch den eine Einheit seine Wortklasse ohne das Hinzufügen eines Affixes ändert. (Quirk & Greenbaum 1973: 441).

Der Begriff Konversion wurde als erstes von H. Sweet 1891 explizit erwähnt. Da in der Definition von Konversion auf den Wortartenwechsel ohne Zuhilfenahme äußerer Mittel wie Affixe referiert wird (siehe Hentschel & Weydt 2003), wird auch der Begriff Nullaffigierung oder Nullableitung verwendet. Bei der Nullableitung wird angenommen, dass die Konversion parallel zu jedem anderen Prozess von Derivation eine Derivation mit einem Nullmorphem ist. Durch Annahme des Null-Elements kann man die Wortart- und Kategorieänderung erklären, da das Nullmorphem als Kopf auftritt und die Veränderung verursacht. Das Nullmorphem ist semantisch leer und wird weder orthographisch noch phonologisch realisiert, verursacht aber die strukturellen Veränderungen.

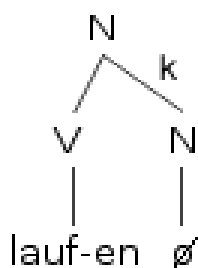
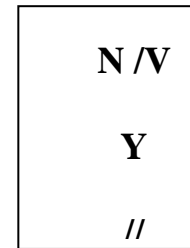


Abbildung 4: Strukturbaum der Verb- zu- Nomen Konversion laufen→das Laufen

Auch Wiese beschreibt die formale Struktur von Konversion folgendermaßen:

„Ein nominaler oder verbaler Kopf ohne phonologische Matrix bestimmt die Kategorie des Ganzen und kann einige semantische Merkmale hinzufügen, während alle anderen Eigenschaften (phonologisch und semantisch) vom Nicht- Kopf Y deriviert werden. Y dominiert manches von dem phonologischen Material, während der rechte- Hand- Kopf dies nicht tut.“



(Wiese 2002: 53; in das Deutsche übersetzt).

Fleischer und Barz (2012) gehen des Weiteren davon aus, dass bei der Nomen-zu-Verb Konversion (z.B. von N: ‚Öl‘ zu V: ‚ölen‘) das Substantiv ohne formativstrukturelle Veränderungen in die Wortart Verb transponiert wird. Durch das Infinitivmorphem –en und die Kleinschreibung wird das Wort als Verb ausgewiesen. Die Endung –en ist in Konversionen, wie z.B. ölen, baden, filmen, fischen kein Ableitungsaffix. Von vielen Linguisten wird das Infinitivmorphem nicht als Derivationsmorphem, sondern als Flexionsmorphem betrachtet.

Eine Ansicht, die nicht von Konversion als Nullableitung ausgeht, ist der Homophonieansatz (siehe Quirk et al. 1985, Don 2004). Danach gibt es für jedes Konversionspaar zwei verschiedene lexikalische Einträge, dabei sind die zwei Formen Homophone. Dieser Ansatz kann aber nicht die sichtbaren phonologischen, syntaktischen und semantischen Beziehungen zwischen den beiden Paaren erklären (Kiparsky 1997, Don 2004).

Der „relisting“ Ansatz oder Ansatz des funktionalen Wechsels (Williams 1981, Lieber 1981, Bauer 1983) geht davon aus, dass es keine Derivation des einen Paars von dem jeweils anderen gibt. Eine einfache Regel des Kategorienwechsels ist für die Veränderung verantwortlich. Der Prozess wird in einem syntaktischen Kontext gesehen: Ein Wort, das schon im Lexikon existiert, wird wieder eingeführt als ein Wort einer anderen Kategorie. Konversion ist folglich kein Prozess, der ein neues Wort bildet, sondern nur eine neue Funktion.

Aus dem in Kapitel 1.2.5. diskutierten morphologisch distribuierten Ansatz hat sich die Ansicht von Konversion als Prozess unter der Annahme von Unterspezifikation entwickelt (siehe Hale & Keyser 1993, Marantz 1997, Barner & Bale 2002). Da bestimmte lexikalische Kategorien nicht im Lexikon markiert sind, sondern erst später durch Ein-

fügen in die Syntax gebildet werden, gibt es keine Beziehung zwischen den Konversionspaaren. Keines der Paare ist vom jeweils anderen abgeleitet. Wie bereits diskutiert, ist dieser Ansatz nicht dazu fähig, bestimmte Sprachphänomene im Zusammenhang mit Konversion zu erklären (z.B. Prosodiemuster oder unregelmäßige Vergangenheitsformen, siehe Kiparsky 1982).

Die Vorteile der Annahme von Konversion als Nullableitung im Gegensatz zu den anderen Ansichten von Konversion sind vor allem in der Einfachheit der Annahme begründet. Es gibt keinen spezifisch morphologischen Status für Konversion. Konversion wird als Teil von Derivation angesehen. Auch Wiese stützt sich auf diese Argumentation:

„Very often there exist competing affixed and zero-affixed-forms covering the same ground. There is therefore no good reason to treat conversion with a theoretical apparatus different from other types of derivation.” – Sehr oft existieren miteinander konkurrierende affigierte und null-affigierte Formen, die denselben Gegenstand abdecken. Deshalb gibt es keinen guten Grund dafür, Konversion mit einem theoretischen Apparat zu behandeln, der sich von anderen Arten der Derivation unterscheidet. (Wiese 2002: 52).

In der Literatur gibt es eine Reihe von Argumenten, die für eine offensichtliche Beziehung zwischen Konversion und Affigierung sprechen:

- Beispiele für die Argumentstruktur von abgeleiteten Wörtern im Englischen (paper zu NKAELL Fall Conference, Pusan University of Foreign Studies, Okt. 11, 2008):
 - They destroy the city > their destruction of the city
 - Tom reviews the book > Tom`s review of the book
 - John grows tomatoes > *John`s growth of tomatoes⁸
 - John tapes the box > *ohn`s tape of the box
- Direktionalität von Konversion: Die konvertierten Verben, genauso wie derivierte Verben, sind für gewöhnlich transitive Verben. Nomen → Adverb-, Verb → Adverb-, Adverb → Adjektiv-, Adverb → Nomen-, Adverb → Verb-Derivationen sind weder bei Derivation noch bei Konversion möglich.

⁸Mit * gekennzeichnete Beispiele sind nicht möglich

- „Synonym blocking“: Blocken ist ein ökonomisches Prinzip um das Ausbreiten von Synonymen zu verhindern.
- ⁹*to alcohol existiert nicht, da „to alcoholize“ schon existiert. Genauso wie bei: *to letter (to write), *to singer (to sing).

Ein Kritikpunkt an der Vorstellung der Konversion als Nullableitung ist die Frage nach der Form des Nullmorphems. Ist das Nullaffix ein Präfix oder ein Suffix? Allerdings löst sich dieses augenscheinliche Problem schnell auf, wenn man sich nach der Regel der Rechtsköpfigkeit richtet. Demnach wird der Kopf eines morphologisch komplexen Wortes als das rechte-Hand-Teil dieses Wortes definiert (Williams 1981). Der Kopf ändert das Satzgefüge, also ist die Konversion dadurch gekennzeichnet, dass ein Suffix (Nullmorphem) hinzugefügt wird.

Desweiteren wird oft kritisiert, dass das Nullmorphem weit gefasste Bedeutungen besitzt und semantische Charakteristiken fehlen. Allerdings ist dieses Problem nicht spezifisch ein Problem bei Konversionen, auch bei einer Reihe von Suffixen gibt es das Problem der Bedeutungsbestimmung.

Die Definition von Konversion als morphologischer Prozess der Derivation mit einem Nullmorphem wird in der Dissertation angenommen. In der Dissertation wird der Begriff Konversion verwendet, wobei auch Nullderivation für die Definition desselben Prozesses verwendet werden könnte.

1.4.2. Die Derivationsrichtung: Asymmetrie vs. Symmetrie

Nach Vogel gibt es in der deutschen Sprache drei Arten von möglichen Konversionen (Vogel 1996: 240):

- Substantiv → Verb: Kräuter → etwas kräutern
- Adjektiv → Verb: grün → grünen
- Verb → Substantiv: treffen → der Treff

⁹ Mit * gekennzeichnete Beispiele sind nicht möglich

Sehr selten sind folgende Konversionen:

- Substantiv → Adjektiv: der Ernst → ernst
- Adjektiv → Substantiv: tief → das Tief

Nicht existent ist die Konversion von Verb → Adjektiv.

Fleischer und Barz (2012) führen konkreter folgende Beispiele für Konversionen im Deutschen auf:

Tabelle 3: Beispiele für Konversionen im Deutschen nach Fleischer und Barz (2012)

Basis		Konversion
Verb	ruf-	Substantiv: der Ruf
	wach-	Adjektiv: wach
Infinitiv	schreiben	Substantiv: das Schreiben
Personalform	soll	Substantiv: das Soll
	ist	Substantiv: das Ist
Partizip I	reisend	Substantiv: der/die Reisende
	reizend	Adjektiv: reizend

Semantisch unterscheidet Donalies (2005) grundlegend zwei Arten von Konversion. Einmal die Konversion, bei der syntaktisch „umgenutzt“ wird. Dabei wechselt eine Basis in eine andere Wortart, ohne dass damit eine kategorielle Bedeutungsveränderung verbunden ist (z.B. laufen → das Laufen). Zum anderen die Konversion, „bei der eine Basis zu etwas ganz anderem abgeleitet wird (...)“, wie etwa die konvertierten Verben (der Fisch → fischen; das Süße → süßen) (Donalies 2005: 124).

Zur Bestimmung der Derivationsrichtung von Konversionen existieren nach Eschenlohr (1999) und Vogel (2000) fünf Kriterien:

1. Das Kriterium der semantischen Abhängigkeit wird am häufigsten zur Bestimmung der Derivationsrichtung herangezogen. Danach ist das Wort, welches für die Analyse vom Inhalt des jeweils anderen Wortes abhängig ist, notwendigerweise das derivierte Wort. Zum Beispiel ist das deutsche Verb ‚fischen‘ von dem Basisnomen ‚Fisch‘ abgeleitet, da man die verbale Bedeutung von ‚fischen‘ ganz einfach durch die Erwähnung des Nomens ‚Fisch‘ definieren kann (fischen= Fische fangen). Umgekehrt ist es nicht möglich, eine klare Definition für das Nomen ‚Fisch‘ durch die Erwähnung des Verbs ‚fischen‘ zu finden.

2. Das diachrone Kriterium postuliert, dass neu gebildete Wörter immer als deriviert zu gelten haben. Dieses Kriterium ist das dominante Kriterium, da es die anderen Kriterien sozusagen überschreibt. Ein Beispiel für diese Überschreibung sind die Konversionen ‚Flop→floppen‘ und ‚Frust →frusten‘. Nach dem Kriterium der semantischen Abhängigkeit wäre die Derivationsrichtung umgekehrt von Verb >Nomen (Frust= etwas frustet mich). Da aber die Verben ‚floppen‘ und ‚frusten‘ Neubildungen sind, gelten sie als deriviert.
3. Das Frequenzkriterium zieht die ganze Wortfrequenz eines Wortes zur Bestimmung der Derivationsrichtung heran. Hier wird das Wort mit der niedrigeren Frequenz als deriviert angesehen.
4. Das grammatische-Form-Kriterium postuliert, dass das Wort mit der begrenzteren Anzahl möglicher grammatischer Formen das derivierte Wort ist.
5. Das Anzahl-der-Nutzung-Kriterium (*range-of-usage*) nimmt an, dass der Stamm, der in seiner Kategorie eine niedrigere Frequenz hat, das derivierte Wort ist. Zum Beispiel bei der Konversion ‚Puder→pudern‘ ist der Stamm ‚Puder‘ frequenter in nominalen als in verbalen Kontexten.

Marchand (1964) zieht noch weitere Kriterien zur Bestimmung heran:

6. Nach dem Begrenzung-des-Nutzens-Kriterium (*Restriction of usage*) muss ein Wort als Derivat betrachtet werden, wenn es eine geringere Bandbreite des Nutzens hat als das andere Wortpaar (Marchand 1964: 13). Bei den englischen Wörtern *author* > *to author* ist das Nomen *author* demnach die Basis, da es frequenter ist bzw. eine generellere Verwendung als das Verb hat, welches auf bestimmte Kontexte oder Verwendungen begrenzt ist.
7. Semantische Bandbreite (*Semantic range*): Wenn es zwei homophone Wörter gibt, ist das Wort mit dem geringeren Referenzfeld das derivierte Wort.
8. Semantisches Muster: Bestimmte Wörter haben charakteristische Bedeutungen, welche sie als Derivate markieren. Wenn die inhaltliche Analyse eines Nomens einem der typischen Muster folgt, welches das Nomen mit einem homophonen Verb verbindet, muss es als deverbales Derivat betrachtet werden. Zum Beispiel: Das englische Verb *baby* (im Sinne von: als Baby behandelt werden) oder *bridge* (im Sinne von: verbinden durch eine Brücke) ist vom korrespondierenden Nomen deriviert.

9. Phonetische Form (*Phonetic shape*): Dieses Kriterium legt fest, dass eine bestimmte phonetische Form ein Wort in eine bestimmte Wortklasse setzen kann. Die meisten Wörter, die auf ‚ion‘ enden, wie -ation, -action, -ension, -ition, -otion, oder auf ‚ment‘ (wie in Kompliment) können nur als Substantive auftauchen. Deshalb werden Verben, die auf ‚en‘ und ‚ment‘ enden als vom korrespondierenden Nomen deriviert angesehen, wenn nicht andere Kriterien diese Analyse ausschließen (für weitere Beispiele dazu siehe Marchand 1964).

Zwei weitere Kriterien sind das „Morphologische-Typ-Kriterium“ und das „Kriterium der Betonung“. Da diese aber nur auf bestimmte Fälle von Konversionen (z.B. auf Komposita) angewendet werden können, die für die vorliegende Dissertation nicht relevant sind, werden sie nicht weiter beschrieben (für eine detaillierte Beschreibung siehe Marchand 1964).

Es gibt Konversionspaare, bei denen nach Anwendung der verschiedenen Kriterien klar hervorgeht, welches der Wörter die Basis ist und welches deriviert wurde. Andererseits gibt es aber auch Paare, bei denen auch nach Anwendung dieser Kriterien nicht klar ist, welche Derivationsrichtung vorliegt.

In der Dissertation wurden, um eine allgemeingültige Aussage treffen zu können, im Stimulusmaterial nur Wörter verwendet, bei denen die Derivationsrichtung eindeutig bestimmt werden konnte.

Was die Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Konversion betrifft, deriviert das deutsche Sprachsystem weder ausschließlich Verben noch Nomen. Beide Fälle gibt es. Betrachtet man den synchronen Zustand von Nomen-zu-Verb und Verb-zu-Nomen Konversion im Deutschen, gibt es insofern eine Symmetrie, als die Nomen-zu-Verb Konversion typischerweise kontextuell ist und sich auf das kulturell bedeutendste semantische Merkmal eines Nomens stützt. Das Verb ordnet die Aktion der Erfahrung zu, die mit dem Merkmal verbunden ist (der Fisch →fischen).

Die Verb-zu-Nomen Konversion produziert im Kontrast dazu typischerweise Zuordnungen von Aktionen und/oder Resultate von Aktionen, Orten und Instrumenten sowie auch Agens (der Handelnde) und Patiens (das Objekt der Handlung), die in der betroffenen Aktion involviert sind (bauen →der Bau).

Im Deutschen werden auch heute noch als übergeordnetes Merkmal von Derivation Transitive von Intransitiven deriviert, wie es auch im alten indoeuropäischen Sprachsystem die Präferenz darstellte.

Von besonderem Interesse für den Untersuchungsgegenstand der Dissertation ist aber die Asymmetrie in der diachronen Betrachtung von Derivationen im deutschen Sprachsystem.

Im Altgermanischen gibt es eine generelle diachrone Tendenz (die einzige Ausnahme sind Nomen, die Personen zuordnen), dass aktuelle Basisnomen mit von ihnen derivierten Verben selbst von Nicht-Nomen deriviert sind, meistens von Verben. Umgekehrt ist es sehr viel seltener der Fall, dass aktuelle Basisverben von Nicht-Verben abgeleitet wurden. Als Folge davon werden Nomen, die von Verben deriviert sind, als basisch reanalysiert, während es selten der Fall ist, dass Verben, die von Nomen deriviert sind, als basisch reanalysiert werden.

Beispiele für die Diskrepanz zwischen der diachronen Derivationsrichtung und der synchronen Derivationsrichtung im Deutschen: Das Nomen ‚Steuer‘ wird heute als basisch eingeordnet und das Verb ‚steuern‘ als deriviert. Im Althochdeutschen war die Derivationsrichtung genau umgekehrt: das Verb *stiuren* (steuern) war die Basis und das Nomen *stiura* (Steuer) war von dem Verb deriviert (siehe andere Beispiele in Eschenlohr 1999: Verb: *salbon* (salben) → Nomen: *salba* (Salbe); *schruben* (schrauben) → *schrube* (Schraube)).

Man kann dies auch folgendermaßen verdeutlichen: Der Lebenszyklus eines Lexems beginnt als Basisverb, von dem Nomen deriviert werden können, die dann wiederum als basisch reanalysiert werden können, und als Ergebnis Basen formen, die im Gegenzug Verben derivieren können. Selten kommt es vor, dass ein Lexem das Leben als Basisnomen beginnt, dann Verben davon deriviert werden. An diesem Punkt stoppt die Entwicklung oft, da derivierte Verben ganz selten als Basis reanalysiert werden.

Daraus wird in der Dissertation die Schlussfolgerung gezogen, dass der Status eines derivierten Nomens kein besonders zeitstabiler Zustand ist, da solche Nomen oft als Basis reanalysiert werden. Der Status eines derivierten Verbs ist zeitstabiler, da eine Reanalyse als Basisverb nicht so oft und so schnell passiert. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Arbeit die Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb als die stabile Richtung definiert, während die Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen als die weni-

ger stabile Richtung definiert wird.

Das Ziel der experimentellen Untersuchung von verschiedenen Derivationsrichtungen ist es, einen Unterschied zu finden zwischen Paaren, bei denen klar ist, dass das Nomen vom Verb bzw. das Verb vom Nomen deriviert ist. Basierend auf der Beobachtung, dass die Nomen-zu-Verb Derivation weiter verbreitet und stabiler ist als die Verb-zu-Nomen Derivation, wird der Nomen-zu-Verb vs. Verb-zu-Nomen Unterschied der zugrunde liegende Unterschied im ansonsten gut kontrolliertem Wortmaterial sein.

Durch das zweifaktorielle Design wird sowohl das derivationale Muster als auch die Wortklasse kontrolliert. Der Effekt diachroner Stabilität sollte in einer Interaktion reflektiert sein, der die Messwiederholungsfaktoren Komplexität (Basis vs. deriviert) und Wortklasse umfasst.

1.4.3. Der Umlaut im Deutschen

Das zweite Experiment testet Nomen-zu-Verb und Verb-zu-Nomen Derivationen mit Umlautbildung. Deshalb wird im folgenden Abschnitt eine Übersicht über den Umlaut als sprachlichen Prozess gegeben.

Historische Beschreibung

Die germanischen und indogermanischen Sprachen kannten keinen Umlaut. Auch die vorderen gerundeten Vokale, die erst durch den Umlautprozess entstehen, gab es noch nicht. Etwa seit Mitte des 5. Jahrhunderts kommt in den westgermanischen Sprachen der Umlaut vor, also noch vor Beginn der schriftlichen Überlieferung. Anfänglich ist in einer ersten Phase (Primärumlaut) nur /a/ betroffen, und zwar dann, wenn in der Folgesilbe ein /i/, /i:/ und /j / vorkam. Im späteren Mittelalter (Sekundärumlaut) kamen dann auch die anderen hinteren Vokale hinzu.

In diesem Stadium lässt er sich als phonologischer Prozess wie folgt formalisieren: (Lehman: Morphologie und Syntax, Kap. Umlaut)

[+vokal]	→ [- hinten] / -- X•Y	[-kons]
[- kons]		[- hinten]
		[+ hoch]

„Wie an der Formalisierung zu erkennen ist, ist es eine regressive Fernassimilation: Die vordere Position des Suffixvokals wird bereits in der vorangehenden Silbe vorweggenommen. Allgemein betrachtet ist es ein Fall von Vokalharmonie¹⁰ in der Wortform.“ (Lehman: Morphologie und Syntax, Kap. Umlaut)

Umlaut wurde ursprünglich aus phonologischer Sicht als transparenter Prozess gesehen, der durch Suffigierung oder durch die Erweiterung von Stämmen ausgelöst wird (Scharinger 2006). Anfänglich wurde er als ein rein phonologischer Prozess klassifiziert.

Im Althochdeutschen wurde durch Suffixe mit palatalen Segmenten eine Assimilation der Basisvokale hervorgerufen. Bei den runden Vokalen ist das phonetisch beweisbar: die hinteren Vokale [o] und [u] veränderten sich zu den vorderen Vokalen [œ] und [ue]. Folglich ist dies ein regelmäßiger Produktionsprozess.

„Schwieriger wird das Erfassen einer Regel bei den Vokalen /a /, /a:/ und /au/. Aus phonetischer Sicht ist der Vokalwechsel von [a] zu [ɛ] eine relative Schließung. Ebenso ist beim Wechsel von [a^u] zu [ɔ^y] im ersten Teil wieder eine relative Schließung nebst Rundung vorhanden und nur im zweiten Teil des Diphthongs findet eine Verlagerung nach vorne statt. Um in diesen Fällen die Regelmäßigkeit zu erkennen, sind nicht phonetische Eigenschaften der Laute, sondern ihre Position im Phonemsystem ausschlaggebend: hier ist [a] ein hinterer Vokal. Aus phonologischer Sicht ist Umlaut also eine Verlagerung von einem hinteren Vokal in einen ihm in allen anderen Merkmalen entsprechenden vorderen Vokal (vowel fronting).“ (Lehman: Morphologie und Syntax, Kap. Umlaut). Dies wird im Vokaltrapez verdeutlicht.

¹⁰ Beeinflussung eines Vokals durch einen benachbarten anderen Vokal . (Duden.de)

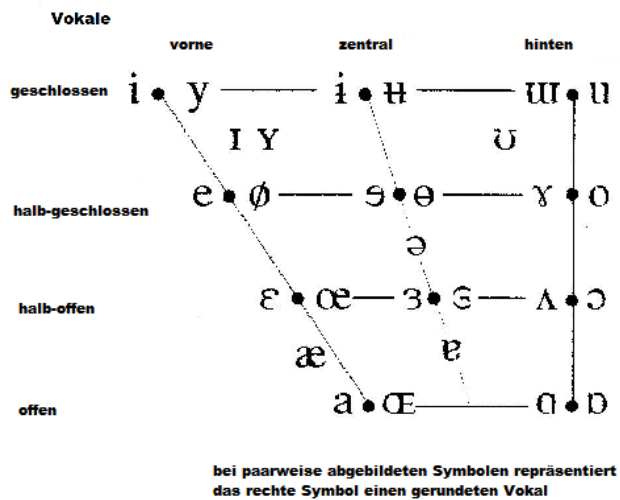


Abbildung 5: Vokaltrapez der „International Phonetic Association“ (IPA) mit den Positionen aller Kardinalvokale und den entsprechenden Transkriptionszeichen, übersetzt ins Deutsche

Umlaut: Ein phonologischer oder ein morphologischer Prozess?

Der Umlaut im Deutschen wurde und wird in der Literatur viel diskutiert. Die gegensätzlichen Ansichten drehen sich dabei vor allem um die Klassifizierung des Umlauts als phonologischer oder morphologischer Prozess.

Die Ansicht von Umlaut als ein regelbasierter morphologischer Prozess wird u.a. von Lieber 1987, Anderson 1982, 1985 vertreten. Auch Lehmann stützt sich in seiner Analyse auf den Prozess des Umlauts als morphologischer Prozess:

„Der Umlaut ist also heute nicht mehr phonologisch konditioniert, sondern entweder morphologisch oder überhaupt nicht konditioniert.“ (Lehman: Morphologie und Syntax, Kap. Umlaut)

Richard Wiese stützt sich hingegen in seiner Analyse auf Merkmale des Umlauts, die ihn als phonologischen Prozess einordnen.

Tabelle 4: Hauptbeispiele für Umlaut im Deutschen (nach Wiese 1996: 114)

- (a) /u:/ - /y:/: Huhn , sg.' - Hühn-er , pl.', Gruß , masc.' - grüß-en , v.'
- (b) /ʊ/-/ʏ/: dumm, adj.'-dümm-lich, adj. , Hund , masc.' - Hünd-in, fem.'
- (c) /o:/ - /ø:/: hoch, pos.' - höch-st , superl.', Vogel, sg.'- Vögel, pl.'
- (d) /ɔ/-/œ:/: Glocke, n.'-Glöck-chen, n., dim.', Holz , n.' - hölz-ern, adj.'

(e) /a:/-/ɛ:/: Europa, n.' - europä-isch ', adj.', (ich) sah '(I) , ind.' -säh-e '(I), subj.'

(f) /a/ - /ɛ/: Stand, n.' - ständ-ig ', adj.', lach-en , v.' - läch-el-n, v., iter./dim.'

(g) /aʊ/-/ɔʏ/: (ich) lauf-e '(I), I.ps.'-(er) läuf-t, 3.ps.', sauf(en), v.' - Säuf-er, n.'

Laut Wiese illustriert die Tabelle, dass Umlaut in einer großen Anzahl von verschiedenen morphologischen Umgebungen auftaucht, die nicht alle in der oberen Tabelle aufgelistet sind. Aber auf der linken Seite der Tabelle sind alle verschiedenen Vokale, die sich phonologisch verändern, aufgelistet. Das bedeutet: Es ist schwierig, Umlaut mit Hilfe von morphologischen Regeln genau einzuordnen, während dies mit Hilfe von phonologischen Regeln, wie die obere Tabelle zeigt, leicht zu beschreiben ist.

Nach Wiese hat Umlaut im heutigen Deutschen die Eigenschaften, die in lexikalischer Phonologie typischerweise als Merkmale einer strikten, zyklischen, phonologischen Regel erkannt werden:

- Umlaut wird nur in derivierten Umgebungen gefunden
- Umlaut hat lexikalische Ausnahmen
- Umlaut ist Struktur erhaltend (die Output Segmente sind ein Teil der lexikalisch distinktiven Segmente)
- Umlaut ist eine obligatorische Regel
- Umlaut ist auf das erste lexikalische Level begrenzt

(Wiese 1996: 124)

Ein anderer wichtiger Punkt, der gegen Umlaut als morphologische Regel spricht, ist die Tatsache, dass Umlaut sowohl in Verbindungen mit derivationaler als auch mit flektierter Morphologie präsent ist. Dies ist schwer mit einer Theorie zu vereinbaren (siehe Anderson 1992), welche annimmt, dass diese zwei Arten von Morphologie grundsätzlich verschieden sind und dass Umlaut gleichzeitig eine morphologische Regel ist.

Als eine phonologische Regel ist Umlaut hingegen ein homogener und lokaler Prozess und lässt sich in die bekannten Beschränkungen für phonologische Regeln einordnen.

Derivationen mit Umlaut

Die folgenden Derivationsrichtungen von einer Wortklasse zu einer anderen mit Umlaut gibt es (Panieri 2012: 2):

1. von Nomen zu Verb: *Wut* → *wüten*
2. von Adjektiv zu Verb: *warm* → *wärmen*
3. von Verb zu Nomen: *sich verhalten* → *Verhältnis*
4. von Verb zu Adjektiv: *kaufen* → *käuflich*
5. von Nomen zu Adjektiv: *Mann* → *männlich*
6. von Adjektiv zu Nomen: *groß* → *Größe*

Es gibt folgende Umlautvokale: (Brandstötter 1997: 1)

[ʊ] → [y]	muss / müssen	[u:] → [y:]	Hut / Hüte
[ɔ] → [œ]	voll / völlig	[o:] → [ø:]	tot / töten
[ʌ] → [ɛ]	Lamm / Lämmer	[a:] → [ɛ:, e:]	Tal / Tälchen
[ʌʊ] → [ɔɪ]	Frau / Fräulein		

Morphologisch gesehen kann der Umlaut in folgenden Fällen entstehen:

1. Durch Suffigierung: morphologisch konditionierter phonologischer Prozess, der Allomorphe in Stämmen bildet. So sind z.B. /ha:n ~hɛ:n/ Allomorphe voneinander. Die Entstehung des Umlauts wird durch die Endung verursacht.
2. Ohne eine signifikant präzente Bedingung: morphologischer Prozess, eine Art innerer Modifikation. Übermittelt eine grammatische Bedeutung wie Plural (in: *Mütter*) oder Konjunktiv (in: *schlügen*).

Bei Fall 1 können auch diskontinuierliche Morphe auftreten. In der folgenden Tabelle wird dies veranschaulicht:

Tabelle 5: Auftreten diskontinuierlicher Morphe am Beispiel einiger Pluralallomorphe (Modifiziert aus Lehman, Christian: Morphologie und Syntax, Kap. Umlaut)

Singular	Plural	Kodierung des Umlauts durch
Hund	Hunde	ein Suffix
Mutter	Mütter	den Umlaut
Gruß	Grüße	ein diskontinuierliches Morph = Umlaut plus Suffix

Nach Lehmann unterliegt der Umlaut zwei Arten von morphologischen Bedingungen:

1. „Nicht alle Stämme können Umlaut aufweisen. Z.B. unterliegt „auffahr-“ in der 2. und 3.Ps.Sg. dem Umlaut (auffährst, auffährt), aber nicht „aufbahr-“ (auf-

bahrst, aufbahrt). Es gibt also umlautfähige und nicht umlautfähige Stämme. Einige sind in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.“ (Lehmann: Morphologie und Syntax, Kap.Umlaut)

Tabelle 6: Umlautfähigkeit (Lehmann, Christian: Morphologie und Syntax, Kap.Umlaut)

umlautfähig	nicht umlautfähig
trage - trägst	wage - wagst
Hof - Höfe	Los - Lose

2. Unter den Suffixen gibt es umlautaushlösende und nicht-umlautaushlösende Suffixe. Das Suffix *-ung* löst niemals Umlaut aus, ebenso wenig wie *-bar* (vgl. *fährst*, aber *fahrbar*). Die umlautaushlösenden Suffixe können jedoch nicht nur durch phonologische Eigenschaften bestimmt werden (siehe letztes Beispiel in der Tabelle : Komparativ vs. Nom.Sg.m.)

Tabelle 7: Umlautaushlösend (Lehmann: Grammatik: Morphologie und Syntax, Kap.Umlaut)

Umlaut auslösend	nicht Umlaut auslösend
eintrage - einträgst	eintrage - Eintragung
stark - stärker	stark - starker

Der Umlaut in der Experimentreihe

In Experiment zwei wird der Umlaut bei Nomen-zu-Verb und Verb-zu-Nomen Derivationen getestet. Der phonologische Prozess des fronting von Vokalen umfasst im Stimulusmaterial der Experimente Verben und Nomen, die den Umlaut von a zu ä, u zu ü und o zu ö bilden. Die zentrale Annahme ist, dass auch bei einem sprachlichen Prozess wie der Umlautbildung die Nomen-zu-Verb Derivationsrichtung durch das zugrundeliegende Muster der diachronen Stabilität die stabilere Derivationsrichtung ist. Bei der neuronalen Verarbeitung wird auch in diesem Fall davon ausgegangen, dass das stabilere Muster von Nomen-zu-Verb in schnellerem und einfacherem Verarbeiten reflektiert ist. Wenn das zutrifft, erlaubt das eine Generalisierung unserer Ergebnisse aus Experiment eins mit Konversionen auch auf andere Derivationsprozesse, wie zum Beispiel der Derivation unter Umlaut.

1.4.4. Der Ablaut im Deutschen

In Experiment zwei werden im Stimulusmaterial als Kontrolle Ablautpaare verwendet. Da bei Ablaut nur die Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen vorliegt, war die Frage, inwiefern sich diese offensichtliche Stabilität in der Derivationsrichtung im Vergleich zu den Umlautpaaren mit beiden Derivationsrichtungen im EEG niederschlägt. Vor diesem Hintergrund wird im nächsten Abschnitt eine Übersicht über den Ablaut als sprachlichen Prozess gegeben.

„Als Ablaut (bzw. Alternation) bezeichnet man einen sich nach festen Regeln vollziehenden Wechsel in der Qualität und Quantität der Vokale innerhalb etymologisch verwandter Wortteile, also in Stammsilben, Ableitungssilben und Endungen, der von jeder Beeinflussung durch die umgebenden Laute unabhängig ist. Durch den Ablaut treten bestimmte Vokale in ein festes Verhältnis zueinander, dadurch, dass sie miteinander wechseln.“ (Kienle 1960: 61).

Im Gegensatz zu dem ursprünglich durch Vokalharmonie ausgelösten Umlaut ist der Ablaut ein nicht von seiner Lautumgebung abhängiger (nicht assimilativer) Vokalwechsel. Er kann sowohl Formen (bei den Verben) als auch Wörter bilden. Traditionell wurde die Ablautbildung der starken Verben in sieben Gruppen aufgelistet (traditionelle Ablautreihe).

In der Ablautreihe des Neuhochdeutschen existiert die Unterscheidung von zwei Ablautreihen bei der finiten Form des Präteriums nicht mehr. Für die Zugehörigkeit zu einer Klasse ist bei den starken Verben der Stammvokal der Präterialformen (finites und partielles Präterium) maßgeblich. Im Vergleich zu älteren Sprachstufen besteht in den neuzeitlichen Einteilungen ein engerer Zusammenhang zwischen der lautlichen Differenzierung und Funktionsunterschieden (Wiese 2014).

Tabelle 8: Schematischer Überblick über die Vokalwechsel bei den nhd. starken Verben (Wiese, Bernd 2014: 5)

Klasse	Beispiel	Grundform	fin.Prät.	Part. Prät.
1.	<i>reiten, steigen</i>	aɪ	ɪ, i:	
2.	<i>gießen, biegen</i>	i:	ɔ, o:	
3.	<i>binden, bergen</i>	ɪ, ε	a	ʊ, ɔ
4.	<i>sprechen, stehlen</i>	ε, e:	a:	ɔ, o:
5.	<i>messen, geben</i>	ε, e:	a:	—
6.	<i>schaffen, fahren</i>	a, a:	u:	—
7.	<i>fangen, blasen</i>	a, a:	ɪ, i:	—

Außerdem kann man drei Ablautmuster nach den Relationen zwischen den Stammvokalen der drei Stammformen (Präsens-, Präteritum- und Partizip II-Stamm) unterscheiden. Hiernach ergeben sich folgende Ablautmustergruppen:

1. Gruppe ABB: Präteritum und Partizip Perfekt haben den gleichen Stammvokal (z.B. reißen – riss - gerissen, quellen – quoll – gequollen).
2. Gruppe ABC: Die drei Stammformen haben verschiedene Stammvokale, aber bei allen Verben dieser Gruppe ist im Präteritum der Stammvokal a (z.B. binden – band – gebunden, sprechen – sprach – gesprochen).
3. Gruppe ABA: Infinitiv und Partizip Perfekt haben denselben Stammvokal (z.B. waschen – wusch – gewaschen, heißen – hieß – geheißen).

In den neueren theoretischen sowie auch in den deskriptiven Ansätzen überwiegt die Annahme, dass es für die starken Verben keine Systematik gäbe und sie deshalb in der Grammatik einfach nur aufzulisten seien. Dagegen stellte Bernd Wiese (2004) die These auf, dass es durchaus eine morphologische Markierung für Ablaut gibt, die allerdings unproduktiv, jedoch nicht ungeordnet ist (für Details siehe Wiese 2004).

Eine weitere Unterscheidung beim Ablaut ist auch hinsichtlich seiner Veränderung in der Vokalqualität und der Vokallänge durchführbar:

1. Qualitativer Ablaut: Die Qualität des Vokals wird verändert, z.B. der im indogermanischen festgestellte systematische Wechsel (=Alternation) von *e* zu *o*.
2. Quantitativer Ablaut: Die Vokallänge ändert sich. Innerhalb dieser Gruppe wird der Ablaut in noch drei weitere Stufen eingeteilt: In der Grundstufe (auch Normal- oder Vollstufe) bleibt der Laut unverändert. In der Dehnstufe wird der Laut gedehnt – Langvokal. In der Schwundstufe wird der Vokal durch einen anderen ersetzt.

Nach Wiese (2004) ist jedoch bei vielen Verben ein Wechsel in der Quantität gar nicht möglich. Hierfür nennt er zwei Beispiele:

- Kurzvokale können im Gegenwartsdeutschen im Allgemeinen nicht im Auslaut stehen; entsprechend zeigt ein Stamm wie FLIEH keine Kürzung, daher *floh*.
- Vor velarem Nasal kann kein Langvokal stehen, und entsprechend zeigt ein Stamm wie SING keine Dehnung, daher *sang*.“ (Wiese, Bernd 2004: 13)

Aus diesem Grund nimmt Wiese zwei Beschränkungen bei den Ablautformen starker Verben an:

1. Das Kürzungsverbot: Stämme mit Langvokalen (L-Typ) verbieten Kurzvokale in der Ablautform (Beispiele für L-Typ: bleib, stehl, grab, les).
2. Das Dehnungsverbot: Stämme mit Kurzvokalen (K-Typ) verbieten Langvokale in der Ablautform (Beispiele für K-Typ: sing, bind, schwimm).

Nach Wiese (2004) gibt es „zwei Funktionstypen des Ablauts“: Erstens; Den allgemeinen Präteritalablaut, realisiert durch ei-i-Wechsel oder o-Ablaut. Soweit möglich tritt Kürzung ein; Zweitens: Den Präteritum-finitum-Ablaut, Ablautvokal ist immer ein Eckvokal des Vokaldreiecks, also a, u oder i. Soweit möglich tritt Dehnung ein o- und a-Ablaut, die beide gewöhnlich bei Grundstämmen auf vorderen Monophthongen auftreten, sind kombinierbar, andere Ablauttypen nicht“ (Wiese 2004: 16).

Eine Übersicht über den Ablaut der starken Verben zeigt die Abbildung 6. Aus dieser Abbildung ist zu sehen, dass sich hier sechs Flexionsklassen¹¹ ergeben, deren Klassifizierung Wiese rein synchron begründet, und die kompatibel mit der Diachronie des Ablauts ist.

	primäre Präs.- Stammform	Part. Prät.- Stammform	primäre fin.Prät.- Stammform	TRAD. KLASSE
Funktion:	-----	<i>Prät.</i>	<i>fin.Prät.</i>	
Form:	-----	<i>ei→i-Wechsel/ o-Ablaut</i>	<i>ā / ī-ū-Ablaut</i>	
Beispiel:	<i>sprech-e</i>	<i>ge-sproch-en</i>	<i>sprach-</i>	
REIT (<i>i</i>)	<i>reit</i>	<i>ritt</i>	—	I.
GIESS (<i>o</i>)	<i>gieß</i>	<i>goss</i>	—	II.
SPRECH (<i>o/ā</i>)	<i>sprech</i>	<i>sproch</i>	<i>sprach</i>	III./IV.
GEB (<i>ā</i>)	<i>geb</i>	—	<i>gab</i>	V.
FAHR (<i>ū</i>)	<i>fahr</i>	—	<i>fuhr</i>	VI.
FALL (<i>ī</i>)	<i>fall</i>	—	<i>fiel</i>	VII.

Abbildung 6: Ablaut der starken Verben: Überblick. Aus: Wiese 2004: 16.

¹¹ Für die Zuordnung eines Stamms zu einem Flexionstyp reicht die Angabe des Ablautvokals bzw. der Ablautvokale wie in der Tabelle links. Hinzugesetzt sind in Tafel 7 Längezeichen bei den Vokalen der Ablauttypen, die regelmäßig langvokalische Stammformen fordern. (Wiese 2004: 15)

Der Ablaut in der Experimentreihe

Da bei Ablaut immer nur eine Derivationsrichtung vorliegt, wird Ablaut im Stimulusmaterial von Experiment zwei als Kontrolle für die Beispielwörter mit Umlaut benutzt. Ablaut tritt per Definition nur bei starken Verben auf, und starke Verben bilden wiederum bei Derivationsprozessen immer die Basis, von der ausgehend Nomen deriviert werden. Das bedeutet: Es gibt bei der Ablautbildung für Nomen und Verben nur die Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen.

Im Experiment wurde eine Auswahl getroffen, die nur Verben aus den Ablautreihen I, II und III umfasst. Der phonologische Prozess, der bei Ablaut durch die Derivation von V>N stattfindet, umfasst in der Auswahl der Verben entweder die Erhöhung von Vokalen (z.B. e - i: greifen →griff) oder eine Verlagerung nach hinten im Vokaltrapez (z.B. i - o: fliegen →flog).

In Experiment zwei wird die Derivation mit Umlautbildung getestet, bei der beide Derivationsrichtungen vorliegen und phonologisch ein Umlaut gebildet wird. Im Kontrast dazu wird der Ablaut getestet, bei dem nur eine Derivationsrichtung von V>N vorliegt und gleichzeitig ein phonologischer Prozess der Erhöhung von Vokalen oder eine Verlagerung nach hinten stattfindet.

Dabei wird untersucht, ob sich auch in diesem Fall ein ähnliches Muster zeigt wie bei Nomen-zu-Verb Konversionen, Verb-zu-Nomen Konversionen und Derivationen unter Umlaut. Wird die Nomen-zu-Verb Derivationsrichtung, die gemäß des Merkmals Ablaut, die einzig vorkommende und somit stabile ist, ähnlich verarbeitet wie die stabilere Nomen-zu-Verb Derivationsrichtung bei Konversionen unter Umlaut? Was zeigt der Vergleich der beiden Derivationsrichtungen bei Ablaut und Umlaut? Sind die beiden Muster der Gehirnaktivität vergleichbar? Und welche Schlüsse können daraus für die Hypothese der effizienteren Verarbeitung stabilerer morphologischer Muster gezogen werden?

1.4.5. Konversionen: Umlaut vs. Ablaut

Wiese (1996) analysiert die Konversionen bei Umlaut und Ablaut, um zu demonstrieren, dass Umlaut und Ablaut bei der Konversion von Wörtern unterschiedlich integriert sind.

Bei der Verb-zu-Nomen Konversion geht der Ablaut der Konversion häufig voran, so dass abgelautete Verbstämme oft als Nomen dieser Art auftauchen. Eine Konversion, wie ‚schloss‘ → ‚das Schloss‘ existiert. Im Gegensatz dazu kommt Umlaut in Verb-zu-Nomen Konversion nicht vor. Auch bei Verbstämmen, welche in einer Vielzahl anderer Bedingungen „umlauten“, gibt es keine nominalen Derivationen, wie *Fäll und *Hält. Dies kann jedoch nicht den generellen Eigenschaften von Verb-zu-Nomen Konversionen zugeschrieben werden, da derivationale Regeln oft von Umlaut begleitet werden, so wie bei ‚Ge-fäng-nis‘ oder ‚Be-hält-er‘.

In der umgekehrten Konversionsrichtung von Nomen-zu-Verb ist Umlaut nicht ausgeschlossen, da denominalen Verben Umlaut tragen: Beispiele: ‚Kuss‘ → ‚küssen‘, ‚Drang‘ → ‚drängen‘, ‚Luft‘ → ‚lüften‘ (Wiese 1996: 132). Dies unterstützt die Argumentation von Wiese, dass Ablautformen als solche im Lexikon repräsentiert sind, während Umlaut von ihm als eine zyklische, phonologische Regel eingestuft wird.

Dieser Unterschied wird zusätzlich durch die Tatsache unterstützt, dass Ablaut im heutigen Deutschen unproduktiv ist und diachronisch gesehen stetig abfällt, während Umlaut weit verbreitet ist und produktiv sein kann (Beispiele: ‚Melönchen‘, ‚Büschchen‘, aus Wiese 1996: 133).

Umlaut ist folglich ein Prozess, der unter vielen Bedingungen operiert, im Gegensatz zu dem Prozess des Ablauts, welcher grundlegend durch viele diverse Prozesse innerhalb einer paradigmatischen Konstellation gekennzeichnet ist.

1.5. Wortklasseneffekte

Ob und wie grammatisch kategorielle Information neuronal repräsentiert ist, bleibt bis heute eine offene Frage, die umfangreich in der Literatur diskutiert wurde und wird (Caramazza & Hillis 1991, Bird et al. 2000, Tyler et al. 2004, Longe et al. 2007).

Dabei stehen sich Vertreter eines kategoriellen Ansatzes und eines nicht-kategoriellen Ansatzes der Verarbeitung von Wortklassen gegenüber.

Im Folgenden wird die Möglichkeit diskutiert, dass die Ergebnisse der Experimente vielleicht nur die Unterschiede in der Verarbeitung von zwei verschiedenen Wortklassen widerspiegeln und nicht die Unterschiede in den zugrundeliegenden Derivationsrichtungen. Es wird eine Übersicht über die Literatur der neuronalen Verarbeitung von

Nomen und Verben gegeben, bevor letztendlich die Gründe dargelegt werden, warum ein nicht-kategorieller Ansatz der Verarbeitung von Wortklassen als zutreffend angesehen wird.

1.5.1. Ein kategorieller Ansatz der Verarbeitung von Wortklassen

Studien, die einen kategoriellen Ansatz der Verarbeitung von Nomen und Verben unterstützen, gehen davon aus, dass Nomen und Verben im Gehirn unterschiedlich repräsentiert sind und unterschiedlich verarbeitet werden. Grammatische Klasse wird als organisationales Prinzip des lexikalischen Wissens im Gehirn betrachtet. Die Verarbeitung von Nomen umfasst vor allem links temporale Regionen im Gehirn und die Verarbeitung von Verben links inferior frontale Gehirnregionen (Damasio & Tranel 1993, Daniele et al. 1994).

Die Hypothese von einem kategoriellen Ansatz der Verarbeitung von Nomen und Verben wird durch das Vorliegen einer doppelten Dissoziation bei aphasischen Patienten gestützt, von denen eine Gruppe mehr Probleme beim Produzieren von Nomen als von Verben hat, während die andere Patientengruppe das gegenteilige Muster zeigt (Miceli et al. 1984, 1988, Zingeser & Berndt 1988). Unterstützt wurde der kategorielle Erklärungsansatz durch Studien über neuropsychologische Patienten (Caramazza & Hillis 1991). In einer Studie zeigte Patient KJ mit Läsionen im links frontalen Kortex Verbdefizite, während Patienten mit Läsionen im linkstemporalen Flügel Nomendefizite aufzeigten (Damasio & Tranel 1993).

Auch andere Untersuchungen, die ebenfalls von einer doppelten Dissoziation bei Patienten berichten, weisen darauf hin, dass die Verarbeitung verschiedener Wortklassen modalitätsspezifisch ist. Diese Patienten haben einerseits größere Schwierigkeiten im Produzieren von Nomen beim Sprechen, aber nicht beim Schreiben, andererseits zeigt sich der umgekehrte Fall beim Generieren von Verben (Hillis et al. 2002, Rapp & Caramazza 2002). Modalitätsspezifische Effekte unterstützen die Idee, dass diese Wortklasseneffekte unabhängig vom semantischen System sind, denn sonst sollten alle Modalitäten gleichermaßen betroffen sein.

Verhaltensstudien und elektrophysiologische Studien haben weitere Beweise für die funktionale Organisation des Lexikons entlang grammatischer Grenzen gefunden. In Aufgaben über die Auffassungsgabe gesunder Versuchspersonen werden Nomen kor-

rekter und schneller verarbeitet als Verben (Spenny & Haynes 1989, Sereno & Jongman 1997, Sereno 1999, Rösler et al. 2001).

Jedoch kann in diesen Studien keiner der Unterschiede eindeutig auf die grammatische Klasse zurückgeführt werden. All diese Studien konfundieren grammatische Klasse mit der Semantik, weil Nomen benutzt werden, die auf Objekte referieren, und Verben, die auf Handlungen Bezug nehmen.

In der Studie von Chiarello (2002) wurde der Versuch unternommen, den Einfluss der Semantik durch die Kontrolle der Vorstellungsfähigkeit zu minimieren. Die Variable der Vorstellungsfähigkeit korreliert mit dem Unterschied zwischen Objekten und Aktionen/Ereignissen, da Objekte im Vergleich zu Ereignissen generell besser vorstellbar sind. In dieser Studie war das Verarbeiten von Nomen insgesamt nicht schneller als die Verarbeitung der Verben, im Gegensatz zu den Ergebnissen in früheren Studien. Dies legt den Schluss nahe, dass die grammatische Klasse keine Rolle in der Erkennung von einzelnen Wörtern spielt, wenn semantische Faktoren kontrolliert werden.

Was EEG Studien betrifft, zeigen die Daten der ereigniskorrelierten Potentiale in der Studie von Gomes und Kollegen (1997), dass für Nomen im Vergleich zu Verben der Gipfel der N400 Komponente früher erreicht wurde.

In PET und fMRT Studien wurde eine räumliche Teilung von neuronalen Strukturen für die Verarbeitung von Nomen und Verben unterstützt. Ähnlich wie bei Patientenstudien war der links temporale Lappen bei der Verarbeitung von Nomen stärker aktiviert, während der links frontale Lappen bei der Verarbeitung von Verben aktiver war (Perani et al. 1999, Shapiro et al. 2006). Diese Dissoziationen wurden als Beweis für die Hypothese genommen, dass Nomen und Verben in neuronal verschiedenen Regionen verarbeitet werden (siehe auch Khader et al. 2003).

Doch es gibt eine Reihe von Untersuchungen, die der Hypothese einer Organisation des Gehirns entlang grammatischer Klassen widersprechen. EKP Studien zeigten, dass Verben und Nomen keine unterschiedlichen Topographien der N400 Komponente evozieren (Gomes et al. 1997, Rösler et al. 2001). Eine fMRT Studie fand keine unterschiedlich aktivierten Gehirnregionen bei der Verarbeitung von Nomen und Verben in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe (Li et al. 2004, Silveri & Di Betta 1997). Die Verarbeitung der Wortklassen kann nicht klar als kategoriell eingeordnet werden, da in die-

ser Studie kein Beweis für distinktive neuronale Strukturen für verschieden grammatische Kategorien gefunden wurde.

Eine neue Sichtweise über die Verarbeitung von Nomen und Verben eröffnen Daten, die ein komplexeres Muster annehmen. Als Ursache für die unterschiedlich neuronale Aktivität von Nomen und Verben werden die linguistische Struktur der Wortklassen und ihre verschiedenen Eigenschaften in der syntaktischen, semantischen und morphologischen Dimension herangezogen.

1.5.2. Ein nicht-kategorieller Ansatz der Verarbeitung von Wortklassen

Basierend auf den zugrundeliegenden Unterschieden zwischen Nomen und Verben gibt es zwei Hauptklassen von Erklärungen, die für den Nomen-Verb Unterschied die unterschiedliche linguistische Struktur und die unterschiedlichen Rollen verantwortlich machen.

Die zugrunde liegende Annahme ist, dass sowohl bei Verben als auch bei Nomen dasselbe geteilte neuronale Netzwerk an den Integrationsprozessen beteiligt ist. Doch das Ausmaß, mit dem das Netzwerk beteiligt ist, hängt von der Verarbeitungskomplexität und den Anforderungen ab.

Der syntaktische Rahmen erklärt den Unterschied mit Hilfe der verschiedenen Funktionen, die Nomen und Verben im Zusammenfügen von Sätzen besitzen. Generell sind Verben in ihrer syntaktischen und pragmatischen Funktion komplexer als Nomen. Zum Beispiel sind Verben an nicht verfügbare Ereignisse gebunden, markieren relationale Konzepte und sind nicht so gut zu erfassen wie Nomen (Gentner 1981, 1982). In Übereinstimmung mit dieser Ansicht kann mehr Gehirnaktivität bei der Verarbeitung von Verben im Vergleich zu Nomen durch die Tatsache erklärt werden, dass Verben mit dem automatischen Zugang zu syntaktischer Information verbunden sind (Perani et al. 1999). Verben erfordern einen höheren syntaktischen Verarbeitungsaufwand, da ihre Eigenschaften sich auch auf andere Wörter ausbreiten (oftmals auf Nomen).

Ein anderer Erklärungsrahmen behauptet, dass man Nomen–Verb Dissoziationen auf semantische Faktoren reduzieren kann. In diesem Fall werden die Unterschiede durch semantische Merkmale erklärt, wie Konkretheit und Vorstellungsfähigkeit, welche mit lexikalischer Bedeutung verbunden sind. Nomen haben im Durchschnitt ein höheres Ausmaß an Konkretheit und Vorstellungsfähigkeit als Verben, und ihr semantischer Un-

terschied ist mit der Tatsache verbunden, dass Nomen und Verben dazu tendieren, ihren Argumenten verschiedene thematische Rollen zuzuordnen. Verben müssen zum Beispiel ein Subjekt haben und nur sie können die thematischen Rollen von Agent und Thema zuordnen. Nomen dagegen werden thematische Rollen zugewiesen und nur Nomen können als Subjekt oder direktes oder indirektes Objekt eines Satzes fungieren (Baker 2003).

Vor dem Hintergrund dieser Annahmen sehen Studien einen Unterschied in den semantischen Merkmalen von Nomen und Verben und ihrer Einordnung als entweder abstrakt oder konkret an. Semantische Variablen, wie Vorstellungsfähigkeit und Konkretheit erklären demnach grammatische Wortklasseneffekte (Bird et al. 2000, Vigliocco et al. 2006).

Die Untersuchung von Bird und Kollegen (2000) demonstrierte, dass eine Schädigung von sensorischen Merkmalen in semantischen Repräsentationen Schwierigkeiten im Benennen von konkreten Nomen im Vergleich zu Aktionsverben verursacht. Innerhalb der grammatischen Kategorie von Nomen waren belebte Wörter stärker betroffen. Es wurde gezeigt, dass die Variable Vorstellungsfähigkeit eine starke Vorhersage der Benennleistung der Patienten mit Verbdefiziten ermöglicht. Wenn diese Variable kontrolliert wurde, blieb kein Klasseneffekt bestehen. Die Ergebnisse zeigen, dass Defizite in der Verbproduktion nicht kategoriespezifisch sind, sondern aus der geringeren Vorstellungsfähigkeit von Verben im Vergleich zu konkreten Nomen resultieren.

Andererseits demonstrierte eine Studie von Berndt et al. (2001), dass Schwierigkeiten im Produzieren von Verben für einige Individuen bestehen bleiben, auch wenn die Vorstellungsfähigkeit kontrolliert wird.

Eine PET Untersuchung von Vigliocco et al. (2006) beschäftigt sich mit dem Einfluss von semantischen Eigenschaften auf einen Unterschied zwischen Nomen und Verben. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand in passivem Hören englischer Nomen und Verben. In diesem Fall wird eine räumliche Trennung durch semantische Variablen, und nicht durch die grammatische Klasse, unterstützt. Die Verarbeitung von Nomen und Verben mit Motoreigenschaften produzierte Aktivierung im links präzentralen Gyrus, während das Verarbeiten von Nomen und Verben mit sensorischen Eigenschaften Aktivierung in links inferioren temporalen und inferioren frontalen Regionen produzierte. Grammatische Wortklasseneffekte wurden nicht gefunden.

Auch eine andere Studie fokussiert auf die Bedeutungsunterschiede zwischen den Klassen, die für ihre kortischen Repräsentationen relevant sind. Hier ist die Bedeutung der meisten Verben mit der Motormodalität verbunden, während die Bedeutung von konkreten Nomen mit der visuellen Modalität verbunden ist. Genau diese modalitätsspezifischen Unterschiede sind für die verschiedenen neuronalen Muster von Nomen und Verben verantwortlich (Pulvermüller et al. 1999).

Für den morphologischen Erklärungsrahmen und für die Dissertation ist der morphologische Unterschied der wichtigste Unterschied. Vor allem die Flektion wird in verschiedenen Studien als der zentrale zugrunde liegende Faktor für die unterschiedlichen Verarbeitungsmuster von Nomen und Verben betrachtet. Verben sind morphologisch komplexer als Nomen. Englische Verben sind zum Beispiel flektiert, um Numerus, Tempus und Person zu markieren, während Nomen nur für Numerus flektiert sind. Die beobachteten Dissoziationen bei Patienten werden durch die verschiedenen Fähigkeiten erklärt, diese morphologischen Operationen auszuführen (Shapiro et al. 2000, Tyler et al. 2004).

Dieser Erklärungsansatz wird auch durch unterschiedliche Aktivierungsmuster von flektierten Verben und Nomen unterstützt. Flektierte Verben aktivieren den links inferioren frontalen Gyrus (LIFG) in größerem Ausmaß als flektierte Nomen. Nicht flektierte Nomen und Verbstämme produzieren im Kontrast dazu keine unterschiedliche Aktivierung, beide lösen Aktivierung in denselben neuronalen Regionen aus (Longe et al. 2007).

Die Begründung für das größere Ausmaß an Aktivierung für flektierte Verben bezieht sich auf die unterschiedlichen morphologischen Verarbeitungsanforderungen der zwei Wortklassen. Zusätzliche Aktivierung im LIFG für flektierte Verben im Vergleich zu flektierten Nomen reflektiert morphosyntaktisches Verarbeiten, welches ein komplexes Wort in seine bestehenden Morpheme zerlegt. Dieser Prozess ist für die morphologische Struktur von Verben sensitiv (Longe et al. 2007).

Die Ergebnisse der Studien unterstreichen die Hypothese, dass die grammatische Kategorie innerhalb der lexikalischen Repräsentation eines Wortes kodiert sein muss, aber nur dann relevant wird, wenn die linguistische Funktion auf irgendeine Art und Weise offensichtlich markiert ist, z.B. durch Affigierung. Das heißt, wenn der Stimulus ein flektiertes Verb ist, löst dies Zerlegungsprozesse aus, welche das Wort in seine linguistisch relevanten Bestandteile von Stamm und Affixe zerlegt. Die syntaktischen und se-

mantischen Eigenschaften der bestehenden Morpheme werden dann in eine kohärente Repräsentation integriert (Marslen-Wilson & Tyler 1998).

Diese Verarbeitungsanforderungen von Verben sind mit erhöhter Aktivität im LIFG verbunden (Stamatakis et al. 2005, Tyler et al. 2005), während flektierte Nomen den LIFG nicht auf diese Art in Anspruch nehmen (Longe et al. 2007). Auch flektierte Verben, deren Affixe nicht offensichtlich markiert sind, aktivieren den LIFG nicht in diesem Ausmaß (Tyler et al. 2005).

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Großteil der Studien die Annahme einer grammatischen Unterscheidung von Nomen und Verben im Gehirn ablehnen. Vielmehr fokussieren sich diese Studien auf die Tatsache, dass die Kategorie kein vorrangiges Organisationsprinzip der lexikalischen Repräsentation im Gehirn ist und dass sie keine unterschiedlichen Aktivierungsmuster generieren. Es ist vielmehr der Unterschied in der linguistischen Verarbeitung und welche Modalität - syntaktisch, semantisch oder morphologisch - von der Studie hervorgehoben wird, welcher dann in unterschiedlicher neuronaler Aktivität zwischen Nomen und Verben resultiert.

Basierend auf der Annahme, dass die Wortklasse kein vorrangiges Organisationsprinzip in der Verarbeitung von Nomen und Verben ist, wird in der vorliegenden Dissertationsschrift und in dem verwendeten experimentellen Design mit den inhärenten Asymmetrien in den Derivationsrichtungen zwischen Nomen und Verben, davon ausgegangen, dass tatsächlich der zugrundeliegende Unterschied in der Stabilität der Derivationsrichtungen beobachtet werden kann.

Ferner wird in der Dissertation die neuronale Verarbeitung von Wörtern untersucht, und nicht von Sätzen, was im Hinblick auf einen möglichen Einfluss grammatischer Effekte ein wichtiger Punkt ist, da die grammatische Klasse vor allem eine syntaktische Information ist. Das bedeutet, dass Effekte der grammatischen Klasse einen Einfluss bei der Satzbildung und Verarbeitung haben können, aber sie ist nicht notwendigerweise eine lexikalische Information.

Grammatische Klasseneffekte sind eventuell bei der Verarbeitung von Sätzen relevant, jedoch gibt es Beweise, dass dies bei der Verarbeitung von Wörtern nicht der Fall ist (siehe hierzu auch Vigliocco et al. 2011). Nur Vertreter streng lexikalischer Interpretation von Effekten der grammatischen Klasse gehen davon aus, dass die grammatische

Klasseninformation auch während der Verarbeitung von einzelnen Wörtern aktiviert wird.

Eine Studie von Vigliocco (2008) konnte in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe mit Nomen und Verben zeigen, dass Verb-primen die Erkennung von Verb-Zielwörtern erleichtern. Dies war aber nur der Fall, wenn die prime-Wörter in einen phrasalen Kontext eingefügt waren (Nomen mit *the* und Verben mit *to*) und nicht, wenn sie als Wörter präsentiert wurden. Diese Ergebnisse stehen folglich im Gegensatz zu den Annahmen streng lexikalischer Vertreter des Einflusses der grammatischen Klasse, weil diese Wortklasseneffekte auch bei der Verarbeitung einzelner Wörter ohne phrasalen Kontext vorhersagen würden.

Bei Konversionen sind die Verben durch das Infinitivmorphem *-en* klar als Verben markiert, allerdings stehen sie in unserem Experiment in keinem phrasalen Kontext. Die Möglichkeit besteht, dass durch diese klare Markierung der Wortklasse die grammatische Klasseninformation während der Verarbeitung einen Einfluss hat.

Die zugrundeliegende Hypothese einer effizienteren Verarbeitung im Gehirn von diachron motivierten stabileren Ableitungsrichtungen wird in den diskutierten Experimenten mit Hilfe des EEGs getestet. Der folgende Abschnitt gibt eine kurze Übersicht über das EEG als Untersuchungsmethode und über eine für die Experimente relevante Komponente der Sprachverarbeitung, der N400.

1.6. Die Erforschung der Verarbeitung morphologisch komplexer Wörter im Gehirn: Das EEG und seine relevanten Komponenten

Das menschliche EEG (= Elektroenzephalographie) wurde als erstes von Hans Berger (1929) beschrieben. Berger konnte erfolgreich demonstrieren, dass man die elektrische Aktivität des menschlichen Gehirns messen kann, indem man eine Elektrode auf der Kopfhaut platziert, das Signal amplifiziert und die Veränderung in der elektrischen Spannung über die Zeit hinweg aufzeichnet (Berger 1929). Da die Sprachverarbeitung sehr schnell passiert, sozusagen in „Echtzeit“, muss jedes Modell den Prozess der Sprachverarbeitung so beschreiben, wie er sich „über die Zeit hinweg entfaltet“ (Swinney 1982).

Leider gibt es nur wenige Methoden, die eine schnelle Online-Messung bereitstellen können. Messungen von Lesezeiten, die nach dem Ereignis gemacht werden, oder Mes-

sungen, die den Zustand während eines einzelnen Momentes im Verlauf des Verstehens reflektieren, wie cross-modale Priming-Studien, sind intrusiv. Das bedeutet wiederum, dass nicht klar zu bestimmen ist, welchen Einfluss die Messung selbst auf das zu untersuchende Phänomen hat.

Im Gegensatz zu anderen Methoden kann das EEG die elektrische Aktivität über die Zeit hinweg messen und somit eine kontinuierliche Online-Messung bereitstellen. Mittels des EEGs wird die vom Gehirn ausgehende elektrische Aktivität von der Kopfhaut abgeleitet. Unter dem EEG versteht man die elektrischen Spannungsschwankungen der Großhirnrinde. Sie resultieren aus einer Folge von exzitatorischen und inhibitorischen postsynaptischen Potentialen. Voraussetzung ist, dass größere Zellgruppen synchron zu feuern beginnen. Erst wenn sich die elektrischen Felder um die einzelnen Zellen aufsummieren, ist das Signal groß genug, um es aufzeichnen zu können. Dabei gibt das spontane EEG Aufschluss über allgemeine Zustände und Informationen der Gehirnaktivität, wie z.B. ob die untersuchte Person wach ist oder schläft.

Der größte Vorteil des EEGs ist die exzellente zeitliche Auflösung beim Messen der Gehirnaktivität, der wiederum verschiedene Gehirnfunktionen zugrundeliegen. Die räumliche Auflösung ist allerdings gering und stellt nur eine grobe Schätzung der Lokalisation und Lateralisierung der Gehirnaktivität bereit. Das einfache EEG ist in seiner Möglichkeit, Einblicke in kognitive Prozesse zu geben, begrenzt, da die Aufnahme die globale elektrische Aktivität des Gehirns reflektiert. Von besonderem Interesse für die linguistische Forschung ist die Modulation der Gehirnaktivität in Antwort auf eine spezifische Aufgabe oder auf einen sensorischen Stimulus, bekannt auch als ereigniskorreliertes Potential (EKP).

Das EEG ist von verschiedenen Faktoren abhängig, dabei wird zwischen endogenen und exogenen Faktoren unterschieden. Auch wenn dieser Unterschied immer wieder diskutiert wird und nicht umfassend dichotom ist, werden Komponenten, die von externen physikalischen Faktoren, von sensorischen Stimuli (wie Lautstärke, Frequenz, Licht etc.) beeinflusst werden, als exogene Faktoren bezeichnet. Komponenten, die mehr von internen Faktoren abhängig sind und von der Art der Interaktion der Versuchsperson mit dem Stimulus (z.B. Wahrscheinlichkeit des Auftauchens, Aufgabenrelevanz, Aufmerksamkeit), werden als endogene Faktoren definiert.

Die Aufzeichnung von EKPs können zwischen qualitativ verschiedenen Prozessen unterscheiden und die Zeitverläufe wiedergeben, auch ohne dass sich die Versuchsperson einer offensichtlichen Aufgabenstellung bewusst ist. Ereigniskorrelierte Potentiale können letztendlich Verhaltensprozesse und linguistische Modelle der Sprachverarbeitung enger mit der Gehirnfunktion verknüpfen. Forscher versuchen durch die Untersuchung der notwendigen und ausreichenden Bedingungen, die kognitiven Ereignisse zu identifizieren, welche einer EKP Komponente zugrundeliegen, um die Eigenschaften zu bestimmen. Dabei kann die EKP Komponente anhand von vier Dimensionen quantifiziert werden:

- Polarität relativ zu einer Grundlinie (P-positiv oder N-negativ),
- Amplitude (Gipfel oder Durchschnittsamplitude relativ zu einer Grundlinie in $[\mu\text{V}]$),
- Latenz (nach Stimulus Onset, eine Gipfellatenz oder Komponenten-Onset in Millisekunden)
- Topographie (räumliche Verteilung über die Kopfhaut).

Die Komponenten werden generell nach Polarität und Latenz benannt (z.B. N100, P100, P300, N400). Mit einem elektrophysiologischen Marker eines spezifisch kognitiven Prozesses könnten Veränderungen im zugrundeliegenden kognitiven Prozess direkt von den Veränderungen in der EKP Komponente abgeleitet werden.

Genau diese Möglichkeit der Identifizierung eines zugrundeliegenden kognitiven bzw. sprachlichen Prozesses und die Möglichkeit der Verknüpfung von Typologie und deren Verarbeitung im Gehirn ist für die vorliegende Dissertationsschrift besonders wichtig, und hat die Auswahl des EEG als Untersuchungsmethode motiviert, da auch hier der Versuch gemacht werden soll, ein zugrundeliegendes linguistisches Phänomen mit Hilfe der EKPs zu identifizieren und somit eine Bestätigung der linguistischen Vorhersagen in der sprachlichen Verarbeitung des Gehirns zu bekommen.

Die Erforschung der endogenen Komponenten des EKPs begann 1964 mit Walter und Kollegen, die vom ersten kognitiven EKP berichteten, benannt als kontingente negative Variation oder auch CNV (Walter et al. 1964). Der nächste große Fortschritt war die Entdeckung der P300 Komponente durch Sutton (Sutton et al. 1965).

Syntaktische Prozesse werden vor allem durch zwei EKP Komponenten abgebildet. Eine ELAN (*Early Left-anterior negativity* = frühe links anteriore Negativität), welche in

einem frühen Zeitfenster (zwischen 100-300ms) beobachtet werden kann, in Bezug auf Wortkategorieverletzungen. In einer zweiten Phase (300-500ms) reflektiert eine LAN (*Left-anterior negativity* = linksanteriore Negativität) Verarbeitungsschwierigkeiten in der Morphosyntax. In einer dritten Phase (500-1000ms) taucht eine späte, zentral-parietale Positivität, P600 genannt, auf. Die P600 spiegelt Reanalysesprozesse und Reparaturprozesse der Integration von Informationen wieder. Die P600 korreliert auch mit der Verarbeitung syntaktisch komplexer Sätze, z.B. der Verarbeitung sogenannter *garden-path*-Sätze¹² (Steinhauer 2012).

Für die Interpretation der aktuellen Ergebnisse ist aber die N400 die relevante EKP Komponente der Sprachverarbeitung. 1980 wurde die N400 Komponente von Kutas und Hillyard entdeckt. Sie zeigten, dass die N400 eine Antwort ist auf Wörter, die semantisch nicht in einen Satzkontext passen, relativ gesehen zu EKPs, die durch semantisch passende Wörter ausgelöst werden. Der Gipfel der N400 ist bei einer Latenz von ca. 400ms zu finden. Typisch bei semantisch nicht passenden Wörter, wie ‚Er aß seine Suppe mit Socken‘, ist eine starke negative EKP Amplitude. Auch semantisch passende, aber physikalisch nicht passende Wörter (z.B. Wörter, die in größerer Schrift geschrieben sind) rufen ein positiv verlaufendes Potential (P560) in demselben Zeitfenster wie der N400 hervor. Im Laufe der Geschichte der N400 hat sich gezeigt, dass die N400 Komponente als eine abhängige Variable gilt, welche sehr effektiv fast jeden Aspekt der Sprachverarbeitung untersuchen kann (siehe Kutas & Hillyard 1980 a, b, c und Kutas & Federmeier 2011).

„Generell realisiert sich die N400 in einem EKP Unterschied (z.B. durch Subtraktion eines kongruenten EKP von einem inkongruenten EKP). Dieser Unterschied, oder N400 Effekt, ist eine monophasische Negativität zwischen 200ms und 600ms und ist, zumindest für geschriebene Wörter in Sätzen, am größten über zentrale-parietale Seiten mit einer leicht rechtshemisphärischen Ausrichtung. Verursacht wird die N400 vermutlich durch lexikalische Integrationsprozesse“ (Kutas & Federmeier 2011: 623).

¹²Ein „garden path“ Satz ist ein grammatisch korrekter Satz, der so anfängt, dass die naheliegendste Interpretation des Lesers inkorrekt sein wird. Dies soll demonstrieren, dass Leser einen Satz Wort für Wort verarbeiten

„Die Verteilung der N400 über den Kopf reflektiert keine Aktivität in einer einzelnen, statischen Quelle, sondern vielmehr eine Welle der Aktivität, die bei ca. 250ms in der posterioren Hälfte des links superioren temporalen Gyrus startet. Sie breitet sich also zuerst vorwärts und ventral auf den links temporalen Lappen bei 365ms aus und danach zwischen 370-500ms auf den rechts anterioren temporalen Lappen und auf beiden frontalen Lappen“ (Kutas & Federmeier 2011: 629).

Die N400 gilt auch als eine heuristische Bezeichnung für Stimulus bezogene Gehirnaktivität im 200-600ms nach Stimulus Onset Fenster mit einer bestimmten Morphologie und einer Sensibilität für experimentelle Variablen und somit einer bekannten Funktionalität.

Die Auslösung einer N400 erfordert keinen Satzkontext. So wurden N400 Effekte z.B. auch in lexikalischen priming Paradigmen beobachtet, wobei ein Zielwort entweder irgendwie mit einem vorangegangenen prime Wort verbunden oder nicht verbunden war (z.B. identisch, assoziativ, semantisch, kategorisch oder auch phonologisch). In allen Fällen zeigten verbundene Merkmale über verschiedene Aufgaben hinweg reduzierte N400 Amplituden im Vergleich zu unverbundenen Merkmalen (siehe Kutas & Van Petten 1988a, b). Dabei ist es die Amplitude der Antwort, welche am anfälligsten für Manipulationen war. Die Amplitude wurde kleiner, wenn Faktoren Informationen bereitstellten, die eher erwartet wurden und somit leichter zu verarbeiten waren, und variierte am meisten mit denselben Faktoren, die auch Reaktionszeitmessungen beeinflussen.

Die N400 ist sensitiv für wichtige Aspekte der Worterkennung, aber die genauen kognitiven Prozesse, die solchen EKP Effekten zugrundeliegen, bleiben noch unklar. Deshalb ist auch nicht klar, ob diese Effekte prälexikalischen oder postlexikalischen Kategorien zugeordnet werden können. Allerdings waren N400 Effekte sensibel für Aufgabenanforderungen, selektive Aufmerksamkeit und Mustermaskierung, und dies führte zu der Annahme, dass die N400 ein kontrollierter Prozess ist und deshalb als postlexikalischer Prozess eingeordnet werden sollte.

Auch wenn die N400 insgesamt sensitiv für Faktoren ist, die mit semantischer Passung verbunden sind, gab es überraschende Ergebnisse. Vor allem die Entdeckung, dass Verletzungen der thematischen Rolle (Verbargument), welche a priori als von Natur aus semantisch angesehen werden, nicht notwendigerweise N400 Amplituden moduliert,

führte zur Erkenntnis, dass die N400 nicht ausschließlich im Zusammenhang mit semantischer Plausibilität steht (siehe Kutas & Kluender 1994).

Die Erkenntnis, dass die N400 sensibel für die Manipulation morphologischer Eigenschaften ist, und die Entdeckung, dass die N400 eben nicht ausschließlich im Zusammenhang mit semantischen Effekten steht, führt in der Dissertation zu der Annahme, dass bei der Untersuchung der Konversionspaare und Derivationspaare mit Umlaut und Ablaut mit ihren inhärent morphologischen Unterschieden, in der Gehirnantwort auf diese Stimuli eine N400 sichtbar sein sollte. Zudem wird postuliert, dass die N400 im Sinne der Hypothese von effizienterer Verarbeitung des stabileren morphologischen Musters (geringere Amplitude im N400 Bereich = weniger Arbeitsaufwand) und geringerer Effektivität des weniger stabilen morphologischen Musters (größere Amplitude im N400 Bereich = mehr Arbeitsaufwand) interpretierbar sein sollte. Für einen detaillierten Überblick über das EEG und seine EKPs siehe Luck 2005, Rugg & Cole 1995, 1996, Barlow 1993, Cooper et al. 1984, Berger 1929 und Kutas & Federmeier 2011).

2. Die zeitliche Dynamik von Sprachwandel und deren effiziente Verarbeitung im Gehirn: Experimente über die Verarbeitung von Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Derivationen im Gehirn

2.1. Allgemeine experimentelle Methoden

Dieses Kapitel wird auf einige methodologische Aspekte eingehen, die für alle Experimente gültig sind. Die spezifischen Details, wie die jeweilige Anzahl der Versuchspersonen oder etwa der experimentelle Versuchsaufbau, sind in den Kapiteln über die Einzelexperimente aufgeführt.

2.1.2. Versuchsteilnehmer

Alle Versuchsteilnehmer der durchgeführten Experimente waren Studenten der Universität Konstanz. Die Geschlechterverteilung wurde in beiden Experimenten balanciert. Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 19 und 30 Jahren. Alle Versuchsteilnehmer waren Rechtshänder und ihre Muttersprache war deutsch. Die Teilnehmer hatten keine dokumentierte Leseschwäche, keine neurologischen oder psychischen Krankheitsbilder und hatten ein normales oder zu normal korrigiertes Sehvermögen.

2.1.3. Datenerhebung und Datenanalyse

Datenerhebung

EEG Aufzeichnungen wurden in einer schalldichten, elektrisch abgeschirmten Kammer aufgenommen. Die Versuchsteilnehmer saßen auf einem Stuhl in zwei Meter Entfernung von einem Bildschirm und wurden instruiert, die auf dem Bildschirm erscheinenden Wörter zu lesen und mit der linken Hand immer dann einen Knopf auf einer Tastatur zu drücken, wenn sie ein Nicht-Wort (= kein existierendes Wort der deutschen Sprache) lesen. Sie wurden alle vorher darauf hingewiesen, so korrekt und so schnell wie möglich zu reagieren.

Das EEG (Brain Amp DC; 2* 32 Ch; Brain Products, Munich, Germany) wurde kontinuierlich von 64 Elektrodenpositionen aufgenommen (plus eine ground Elektrode; Easy Cap, Montage, M10) gegen Cz als Referenzelektrode und mit einer Abtastrate von 500Hz. Elektrodenimpedanzen wurden unter 5k Ω . gehalten.

Vertikale und horizontale Augenbewegungen (EOGs) wurden durch das Verwenden von weiteren Elektroden aufgenommen, die infraorbital platziert waren. Die EEG Rohdaten wurden für Augenbewegungsartefakte korrigiert, mit Hilfe des Algorithmus, der in „Brain Electric Source Analysis“ (BESA) implementiert ist (Scherg et al. 1996).

Während der Studie wurden die Teilnehmer dazu angehalten, still zu sitzen und exzessive Augen- und andere Bewegungen zu vermeiden. Nach der experimentellen Sitzung wurden die individuellen Positionen der Elektroden auf dem Kopf jedes Teilnehmers mit einem Ultraschallgerät (El Guide, IVS Solutions AG, 2001) gemessen. Diese individuellen Positionen wurden für die weitere Analyse der EKP Daten über die Standardpositionen des Kopfes in BESA (Scherg et al. 1996) projiziert.

Datenanalyse

EEG Rohdaten wurden im Bereich von 0,03-30Hz digital Bandpass gefiltert und rereferenziert auf die sogenannte „average-Referenz“. EKP Werte wurden mit einer Epochendauer von 1500ms und einer Prästimulus-Grundlinie von 200ms berechnet. Epochen wurden immer dann von der Mittelung ausgeschlossen, wenn die maximale Spannungsschwankung innerhalb der Epoche $90 \mu\text{V}$ bei jeglichem EEG Kanal überstiegen hat.

Kanäle, die im Vergleich zu anderen Kanälen in der Umgebung sehr verrauscht waren, z.B. aufgrund von Muskelartefakten, wurden interpoliert. Es wurden maximal fünf Elektroden, die nicht in unmittelbarer Umgebung zueinander sein durften, interpoliert. Schlussendlich wurden die individuellen, realen Positionen der 64 Elektroden benutzt, um die EKP Daten auf eine standardisierte 81-Kanal-Montage zu projizieren. Diese Vorgehensweise reduziert die interne Versuchspersonen-Variabilität von Elektrodenanordnungen vor dem Grand-Averaging.

2.2. Experiment 1: Die neuronale Verarbeitung von Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Konversionen

2.2.1. Hintergrund

Wie in vorhergehenden Studien (Meinzer et al. 2009, Pliatsikas et al. 2013) sollen Beweise in der neuronalen Verarbeitung dafür gefunden werden, dass unterschiedlich komplexe, morphologische Muster auch unterschiedlich effizient verarbeitet werden.

Diachrone Stabilitätsunterschiede sollten dabei auch synchron manifest sein und daher sollten die Unterschiede in der Komplexität der morphologischen Muster auch in einem Unterschied in der neuronalen Verarbeitung sichtbar werden. Die Untersuchung von Konversionen mit unterschiedlichen Derivationsrichtungen in Experiment eins soll desweiteren zeigen, dass die Ergebnisse nicht auf Eigenschaften der Oberflächenform zu reduzieren sind.

2.2.2. Methoden

Versuchspersonen

Insgesamt 31 Studenten der Universität Konstanz nahmen am Experiment teil. Sie bekamen für Ihre Teilnahme acht Euro pro Stunde oder erhielten Kurspunkte. Die Teilnehmer wurden über den Versuchsablauf informiert und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Die Daten von sechs Teilnehmern wurden, aufgrund von exzessiven Artefakten (mehr als 20% zurückgewiesener Epochen während der Mittelung in zumindest einer experimentellen Bedingung), von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Die 25 verbleibenden Teilnehmer für die weitere Datenanalyse, 13 Frauen und 12 Männer, waren zwischen 19 und 30 Jahre alt (Durchschnittsalter 22,72 Jahre).

Alle Teilnehmer waren Rechtshänder. Die Händigkeit wurde durch das „Edinburgh Handedness Inventory“ (Oldfield 1971) festgestellt. Teilnehmer wurden als rechtshändig eingestuft, wenn die Händigkeitsbewertung über 70 war.

Die Teilnehmer waren deutsche Muttersprachler und hatten keine dokumentierten Lese-schwierigkeiten und keine neurologischen oder psychiatrischen Krankheitsbilder. Alle hatten ein normales oder zu normal korrigiertes Sehvermögen.

Um ein ungefähres Maß für die grammatischen Kapazitäten und vor allem für die Lesefähigkeiten der Teilnehmer zu haben, wurden ihre Endnoten des Schulabschlusszeugnisses im Fach Deutsch dokumentiert. Die Durchschnittsnote der Teilnehmer lag bei 10,92 Punkten, was nach dem deutschen Benotungssystem auf ein gutes grammatisches Verständnis und gute Lesefähigkeiten verweist.

Stimuli

Das Stimulusmaterial umfasste

- 36 Nomen-Verb-Paare mit der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb (z.B. Dampf →dampfen).
- 36 Verb-Nomen-Paare mit der Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen (z.B. hauchen→Hauch).
- 36 Nicht-Wörter, die durch Auswecheln weniger Buchstaben in den Nomen-Verb-Paaren mit der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb (z.B. Rampf → rampfen) stark an die realen Wörter angelehnt waren.
- 36 Nicht-Wörter, die durch Auswecheln weniger Buchstaben in den Verb-Nomen-Paaren mit der Derivationsrichtung von Verb zu Nomen (z.B.: sauchen → Sauch) stark an die realen Wörter angelehnt waren.

Alle Nicht-Wörter waren phonotaktisch legal. Die Nicht-Wörter waren an die Wortklasse der realen Wörter angeglichen: Bei den Verben durch die Kleinschreibung und der Endungen, bei den Nomen durch die Großschreibung.

In Bezug auf die Wörter wurden nur Paare ausgewählt, die eindeutige Derivationsrichtungen nach der linguistischen Literatur des Deutschen haben (Fleischer & Barz 2012, Kunkel-Razum 2007, www.canoo.net) und nach den fünf Kriterien zur Bestimmung der Derivationsrichtung von Wortpaaren. Außerdem wurden nur Wortpaare ohne Umlaut oder Ablaut ausgewählt und es gab nur maskuline Nomen und regelmäßige Verben im Stimulusmaterial, um andere Nebeneffekte auf die Wortverarbeitung zu verhindern. Alle Stimuli wurden in Bezug auf die Länge kontrolliert, wobei in Kauf genommen wurde, dass die Verben mit ihren –en Endungen im Deutschen etwas länger sind als ihre korrespondierenden Nomen.

Reale Wörter wurden für die Wortfrequenz gematcht (Mittelwerte: LemmaMann = 56,89, LemmaMLN = 9,55, German CELEX database). Die Semantik der Wortpaare wurde durch das Durchführen eines semantischen Assoziationstests kontrolliert.

Semantischer Assoziationstest

Vor dem Hauptexperiment wurde ein Assoziationstest durchgeführt. 16 Versuchspersonen nahmen am semantischen Assoziationstest teil, wobei keine der Versuchspersonen

als Versuchsperson im Hauptexperiment teilnahm. 132 Wortpaare wurden per E-Mail versandt und mussten nach den folgenden Kriterien beurteilt werden:

- Die Anzahl der semantischen Bedeutungen (die Teilnehmer sollten die Bedeutungen benennen und eine dominante Bedeutung angeben).
- Einteilung der semantischen Verbundenheit zwischen den Wortpaaren von 1 (nicht verbunden) zu 7 (stark verbunden).
- Die Teilnehmer sollten anhand einer dreistufigen Skala subjektiv einschätzen, wie häufig die jeweiligen Wörter gebraucht werden (ob das Verb viel frequenter erscheint als das korrespondierende Nomen (1), beide erscheinen nahezu gleich in der Frequenz (2) oder das Nomen erscheint viel frequenter als das korrespondierende Verb zu sein (3)).

Für das Hauptexperiment wurden nur Wortpaare ausgewählt, die die folgenden Kriterien erfüllten:

- Alle Teilnehmer zeigten nur eine dominante Bedeutung an (über die Teilnehmer hinweg die gleiche).
- Eine semantische Verbundenheit der Wortpaare von mindestens Stufe 4, so eingestuft über alle Teilnehmer hinweg.
- Die Bewertung der subjektiv erlebten Häufigkeit des Gebrauchs der Wortpaare wurde als nahezu gleich durch alle Teilnehmer eingestuft.

Dies führte letztendlich zu 72 Wortpaaren, die für das Hauptexperiment geeignet waren.

Experimentelle Prozedur

Die Sitzung begann mit einem kurzen Probedurchlauf. Die Teilnehmer wurden instruiert, die Wörter zu lesen und, immer wenn sie ein Nicht-Wort lesen, einen Knopf auf einer Tastatur mit ihrer linken Hand zu drücken. Sie wurden darauf hingewiesen, so korrekt und so schnell wie möglich zu reagieren. Die Stimuli wurden in der Mitte des Bildschirms präsentiert, in weißen Buchstaben (Schriftart Arial) mit einer Größe von 42 Punkt vor einem schwarzen Hintergrund. Sie bedeckten weniger als 2 Grad horizontal und 0,34 Grad vertikal des visuellen Feldes der Teilnehmer. Jedes Wort wurde für 1700ms präsentiert. Das Interstimulus-Intervall war 500ms.

Für die experimentelle Sitzung gab es zwei Listen. Jede Liste enthielt die 144 experimentellen Wörter und die 144 Nicht-Wörter in einer pseudo-randomisierten Reihenfolge. Die experimentelle Prozedur bestand aus zwei Blöcken mit einer Pause dazwischen. Jeder Teilnehmer erhielt pro Block eine der beiden Listen, so dass jedem Teilnehmer jedes Wort zweimal präsentiert wurde. Die ursprünglich randomisierten Listen von Stimuli wurden anhand der folgenden Beschränkungen erneut sortiert:

- nicht mehr als drei Wörter oder Nicht-Wörter direkt hintereinander;
- nicht mehr als drei Wörter derselben Wortklasse (analog dazu auch für Nicht-Wörter) in einer Reihenfolge;
- mindestens zehn andere Wörter zwischen dem Nomen und dem korrespondierenden Verb (analog dazu auch für die Verb-Nomen Wortpaare).

Die Prozedur der EEG Aufnahme und der allgemeinen EEG Datenanalyse wurden im oberen Kapitel schon aufgeführt (siehe Kapitel 2.1).

Statistische Datenanalyse

Für die weitere Datenanalyse wurden die Durchschnittsamplituden in jedem der drei Zeitfenster kalkuliert, 280-320ms, 420-440ms und 440-480ms. Diese drei Zeitfenster wurden ausgewählt, da sie sensibel für das Reflektieren von Unterschieden in der morphologischen Verarbeitung sind (Dominguez et al. 2004, Lavric et al. 2007, Morris et al. 2008).

Für die Einschätzung topographischer Effekte wurden zwölf repräsentative Elektroden ausgewählt, die über den Kopf verteilt sind: F5, C3, CP5, O9, Fz, Cz, Pz, Oz, F6, C4, CP6, O10. Ein Messwiederholungsdesign mit den Faktoren: Wortklasse (Nomen vs. Verben), Derivationsrichtung (Nomen-zu-Verb vs. Verb-zu-Nomen), Lateralität (links vs. mittel vs. rechte Elektrodengruppen), und Anterior-Posterior Verteilung (vier Stufen vom Vorderkopf bis zum Hinterkopf) wurde durchgeführt. Die p-Werte sind nach Geisser-Greenhouse korrigiert, wenn dies erforderlich war.

Für die Parametrisierung und statistische Analyse wurde das statistische Programm R (*The R Foundation for Statistical Computing: R version 2.10.1*, 2009) und SPSS (*IBM SPSS= Statistical Package of the Social Sciences: Version 18*, 2010) und BESA (Scherg et al. 1996) benutzt.

Bei ausgewählten Analysen in Bezug auf die zeitlichen Dynamiken der Gehirnaktivitäten wurde der Messwiederholungsfaktor Zeitfenster dem faktoriellen Design hinzugefügt.

2.2.3 Ergebnisse

Schaubilder der EKPs

Abbildung 7 zeigt die EKPs über die 12 repräsentativen Elektroden für die vier Bedingungen: derivierte Nomen, Basisnomen, derivierte Verben und Basisverben. Schon sehr früh, nach ca. 100ms differenzieren sich die verschiedenen Bedingungen, was in diesem frühen Zeitbereich ein Indikator für die Verarbeitung visueller Stimuli ist.

Nach 200ms differenzieren sich die verschiedenen Bedingungen aus. Vor allem an den zentralen Elektroden wie der Fz, Cz und Oz, zeigen sich die höchsten Amplituden für Basisverben, während die anderen Bedingungen in diesem Zeitfenster sehr nah beieinander liegen.

Im Zeitfenster um 300ms beginnt sich eine Differenzierung der unterschiedlichen Bedingungen abzuzeichnen. Hier zeigen bei fast allen Elektrodenpositionen die derivierten Verben die höchsten Amplituden im Vergleich zu den anderen Bedingungen.

Im Zeitbereich von 400-500ms zeigt sich dann ein deutlich abgestuftes Muster der verschiedenen Bedingungen. Bei fast allen Elektrodenpositionen zeigen sich die höchsten Amplituden für die derivierten Nomen. Dieses Muster ist bei den zentralen Stellen am stärksten, zeigt sich aber auch über der linken und der rechten Seite. In diesem Zeitfenster zeigen die EKPs für die Basisverben die kleinste Amplitude, welche am stärksten über der zentralen und der rechten Elektrodenseite ist. Insgesamt kann man in diesem Zeitfenster besonders zentral und rechtsseitig ein abgestuftes Muster der Amplitudenwerte beobachten: die höchsten Amplitudenwerte weisen die derivierten Nomen auf, dann die Basisnomen, gefolgt von den derivierten Verben und zuletzt die Basisverben.

Abbildung 8 zeigt die EKP Wellenformen für die zwei repräsentativen Elektroden Cz und Pz für die derivierten Nomen und Basisnomen im Vergleich zu den derivierten Verben und Basisverben. Bei diesen zwei zentralen Elektroden sehen wir einen ersten Beweis für das unterschiedliche Verhalten von Nomen und Verben, die sich in der morphologischen Komplexität entweder als basisch oder deriviert unterscheiden.

Um 250-300ms kann man an der Cz Elektrode sehen, dass die derivierten Nomen sich nur wenig von den Basisnomen unterscheiden, und es gibt keinen eindeutigen Hinweis für einen Unterschied in der Verarbeitung der zwei Bedingungen. Im Vergleich zu den Nomen zeigt die Verarbeitung der Verben größere Amplituden. Aber auch in diesem Zeitbereich unterscheiden sich die derivierten Verben nur wenig von den Basisverben.

Im Bereich von 400-500ms unterscheidet sich die Verarbeitung der Nomen von der Verarbeitung der Verben am stärksten. Die derivierten Nomen zeigen eine höhere Amplitude als die Basisnomen und, im Vergleich zu dem Muster der Verben, eine höhere Amplitude im negativen Bereich. Für die Verben zeigt sich bei der Cz Elektrode ein ähnliches Muster der Verarbeitung, auch hier weisen die derivierten Verben eine stärkere negative Amplitude auf als die Basisverben. Es zeigt sich für diese Elektrode für beide Wortklassen ein ähnliches Muster: Jeweils die derivierte Bedingung weist die höchste Amplitude auf. In einem direkten Vergleich der derivierten Nomen und Verben sind es allerdings die derivierten Nomen, welche die höchste Amplitude zeigen.

Die andere zentrale, aber posterior gelegene Elektrode Pz zeigt generell dieselbe Tendenz. Wieder gibt es um 250-300ms einen geringen Unterschied zwischen derivierten Nomen und Basisnomen. Die Basisnomen sind etwas positiver im Verlauf.

Für die Verben kann man wiederum beobachten, dass in dem früheren Zeitfenster die derivierten Verben im Vergleich zu den Nomen-Bedingungen Unterschiede aufzeigen. Für das Zeitfenster von 400-500ms können wir sehen, dass die Verarbeitung der derivierten Nomen im Vergleich zu allen anderen Bedingungen mit der höchsten Amplitude verbunden ist. An der Pz Elektrode zeigen die Verben keine klaren Unterschiede zwischen den zwei Bedingungen.

Abbildung 9 verdeutlicht das generelle Muster der Amplituden der EKPs am Beispiel der frontalen F5 Elektrode. In einem Vergleich zwischen derivierten Nomen und derivierten Verben einerseits, und Basisnomen und Basisverben andererseits, zeigt sich erneut nach 400ms ein klarer Unterschied: Die derivierten Nomen weisen eine höhere Amplitude auf als die derivierten Verben. Auch die Basisnomen zeigen im direkten Vergleich mit den Basisverben eine höhere Amplitude. Der Vergleich innerhalb der Wortklasse der Nomen zeigt, dass es die Bedingung der derivierten Nomen ist, welche, im Vergleich zu den Basisnomen, die höhere Amplitude aufweist. Auch innerhalb der Wortklasse der Verben zeigen die derivierten Verben eine etwas höhere Amplitude als

die Basisverben. Insgesamt verdeutlicht auch das Beispiel der EKPs der F5 Elektrode, dass die Amplituden dem oben beschriebenen generellen Muster der 12 repräsentativen Elektroden folgen: Die höchsten Amplituden zeigen die derivierten Nomen, dann die Basisnomen, gefolgt von den derivierten Verben und zuletzt den Basisverben.

Abbildung 10 verdeutlicht anhand von Säulendiagrammen nochmals die Ergebnisse der Schaubilder der EKPs mit ihren Amplituden der verschiedenen Bedingungen.

Im früheren Zeitbereich der N400 von 400-440ms zeigt sich das beobachtete Muster: die höchsten Amplitudenwerte gibt es für die derivierten Nomen, dann folgen die Basisnomen, die derivierten Verben, und als letztes gibt es die geringsten Werte für die Basisverben.

Im späteren Zeitbereich der N400 von 440-480ms sind es die Basisnomen, die im Mittelwert etwas höhere Werte als die derivierten Nomen aufweisen, wiederum gefolgt von den derivierten Verben und zuletzt von den Basisverben mit den geringsten Werten. Der Unterschied in den Mittelwerten zwischen den Basisnomen und den derivierten Nomen ist allerdings sehr gering.

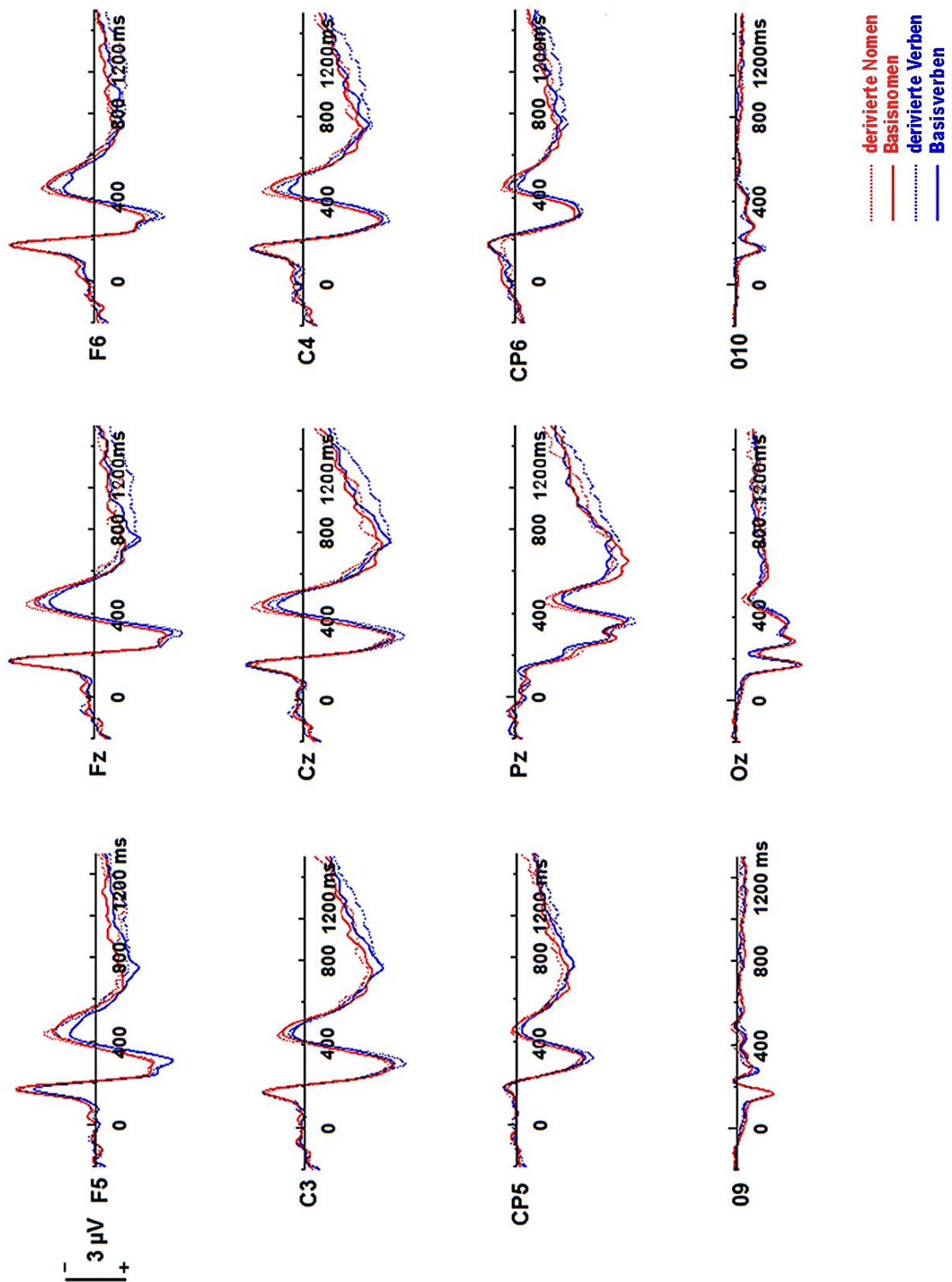


Abbildung 7: EKPs von den 12 repräsentativen Elektroden

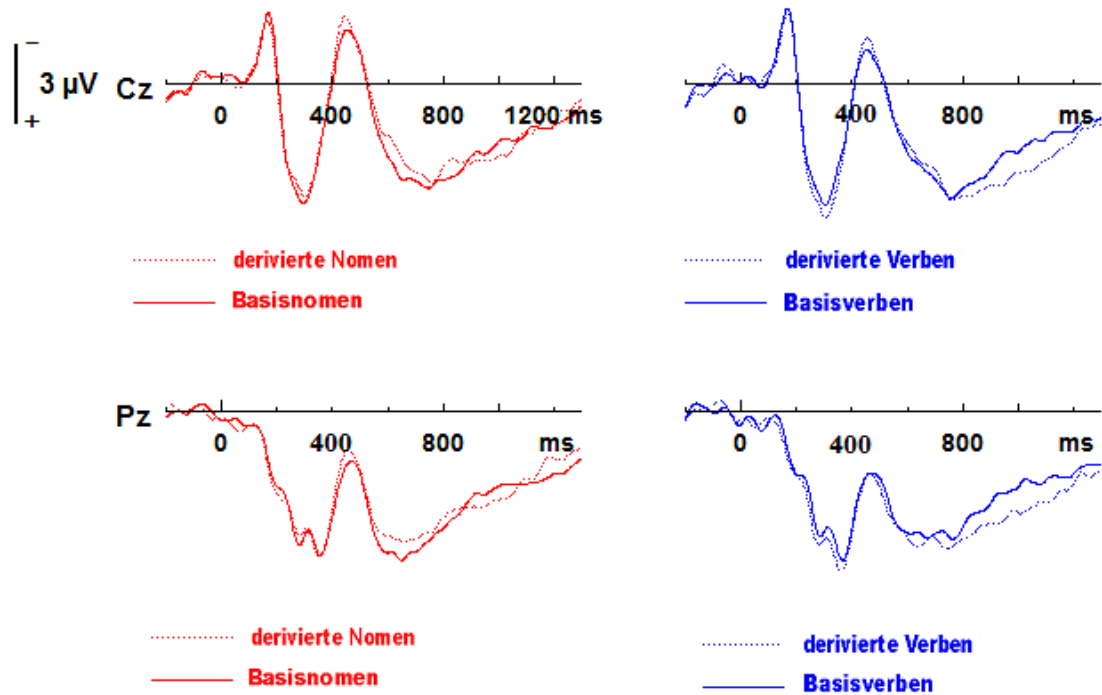


Abbildung 8: EKPs von zwei Elektroden (Cz und Pz)

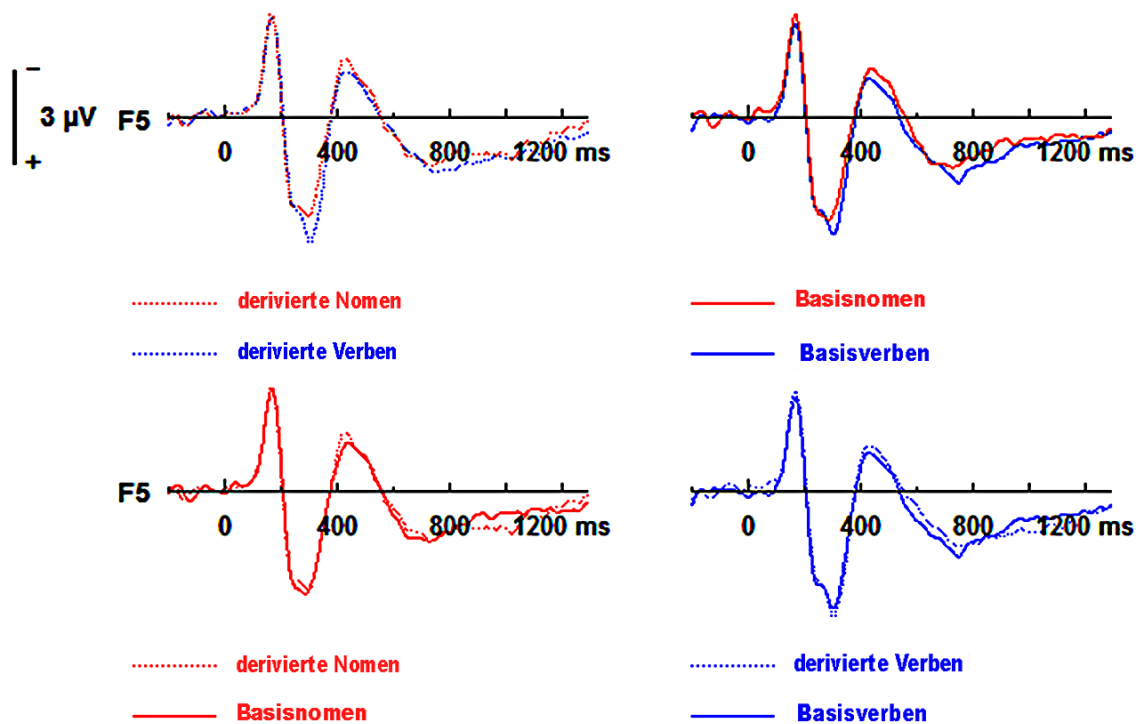


Abbildung 9: EKPs von der Elektrode F5

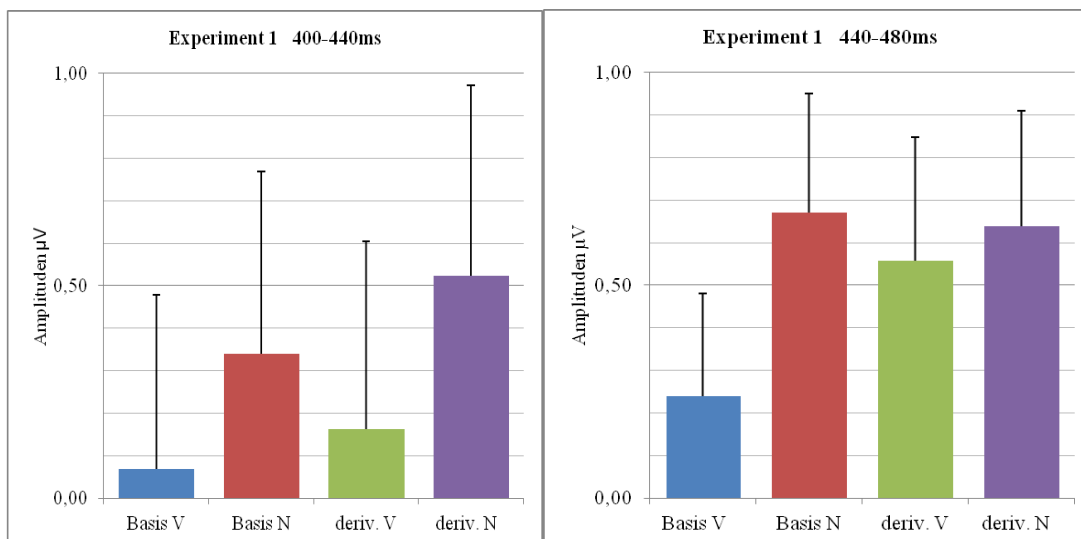


Abbildung 10: Mittelwerte der Amplitudenwerte der EKPs für die einzelnen Bedingungen mit Standarderror

Topographie

Abbildung 11 zeigt die topographischen Aktivierungsmuster für Basisverben im Vergleich zu derivierten Verben und für Basisnomen im Vergleich zu derivierten Nomen in den drei ausgewählten Zeitfenstern. Insgesamt zeigt sich, dass Basisverben und derivierte Verben, sowie Basisnomen und derivierte Nomen generell dieselbe maximale Negativierung über posteriore Hirnregionen aufzeigen. Es findet sich kein klarer Unterschied in der Topographie zwischen Basisverben und derivierten Verben, sowie zwischen Basisnomen und derivierten Nomen. Zusätzlich zeigt sich fast dieselbe Topographie im Vergleich der beiden Wortklassen. Geringe Unterschiede zeigen sich vor allem in dem früheren Zeitfenster von 280-320ms. Hier zeigen Basisnomen eine stärkere posterior-bilaterale Aktivierung und derivierte Nomen eine stärkere Aktivierung in Richtung der rechts parietalen Gehirnregionen. Bei den Verben weisen die derivierten Verben eine etwas stärkere posteriore Aktivierung beider Hemisphären auf.

Im Gegensatz dazu zeigen die Verben ein anderes Muster. Hier weisen die Basisverben mehr Aktivierung rechts-parietaler Regionen auf und bei den derivierten Verben sind die bilateralen parietalen Regionen stärker aktiviert. In den späteren Zeitfenstern ist das Muster der aktivierten Gehirnregionen für die vier Bedingungen fast dasselbe. Nur für die Nomen zeigt sich etwas weniger Aktivierung im Zeitbereich von 440-480ms.

Abbildung 12 zeigt den Unterschied in der Aktivierung zwischen Basis- und derivierter Form für Nomen und Verben (derivierte Bedingungen - Basisbedingungen). Wie die Abbildung verdeutlicht, unterscheiden sich die topographischen Aktivierungsmuster der derivierten Nomen eindeutig von den derivierten Verben, und zwar in allen ausgewählten Zeitfenstern. Die derivierten Nomen zeigen im Vergleich zu den derivierten Verben eine stärkere Aktivierung und ein unterschiedliches Muster der Aktivierung.

In dem früheren Zeitfenster (280-320ms) zeigen derivierte Nomen eine stärkere Aktivierung im Vergleich zu den Verben und zwar in frontalen und parietalen Bereichen der rechten Hemisphäre. Die derivierten Verben zeigen eine geringere Aktivierung. Im Unterschied zu den Nomen weisen zentrale Regionen der linken Hemisphäre eine stärkere Aktivierung auf.

Für das spätere Zeitfenster von 420-440ms kann man die Aktivierung von derivierten Nomen in der rechten Hemisphäre beobachten. Im Zeitverlauf breitet sich diese Aktivierung auf beide Hemisphären aus und aktiviert fronto-parietale und posteriore Gehirnregionen. Wiederum zeigen die Verben im Vergleich zu den Nomen weniger Aktivierung und es sind weniger Gehirnregionen an der Verarbeitung beteiligt. Hier breitet sich die Aktivierung auf rechts-parietale und posteriore Regionen aus.

Für das Zeitfenster von 440-480ms gibt es wieder eine stärkere Aktivierung der derivierten Nomen. Die positive Aktivierung geht von posterior-bilateralen Regionen zu mehr parietal-frontalen Regionen in beiden Hemisphären. Die derivierten Verben zeigen in diesem Zeitfenster eine stärkere positive Aktivierung von bilateralen posterioren Gehirnregionen mit einer leichten Verlagerung zu der linken Hemisphäre.

Insgesamt zeigt die Topographie der Differenz, dass derivierte Nomen eine stärkere Aktivierung in mehr Bereichen der Topographie zeigen als derivierte Verben.

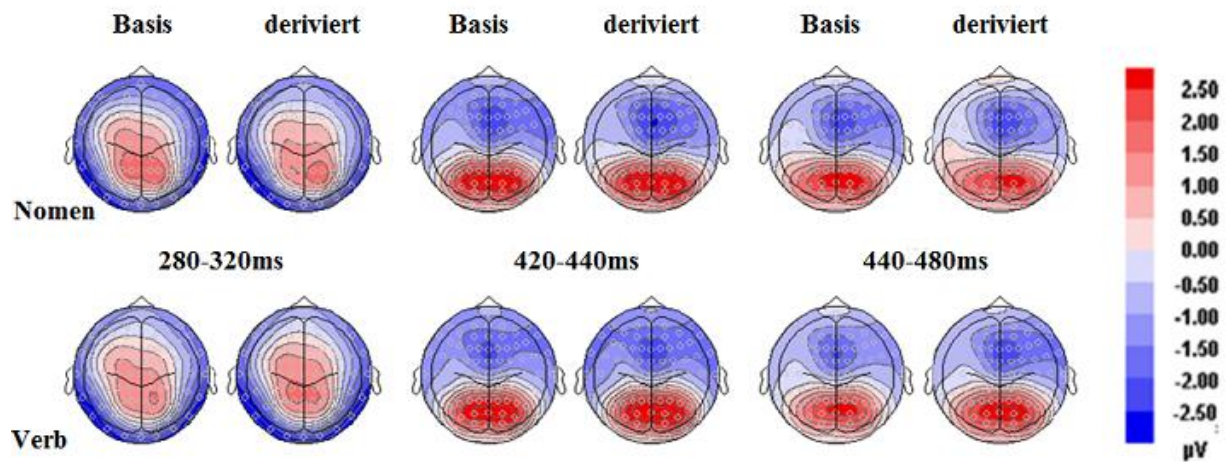


Abbildung 11: Topographie in der Aktivierung von Basisnomen im Vergleich zu derivierten Nomen (obere Reihe) und für Basisverben im Vergleich zu derivierten Verben (untere Reihe) für die mittleren Amplituden in den Zeitbereichen 280-320ms (linke Spalte), 420-440ms (mittlere Spalte), 440-480ms (rechte Spalte).

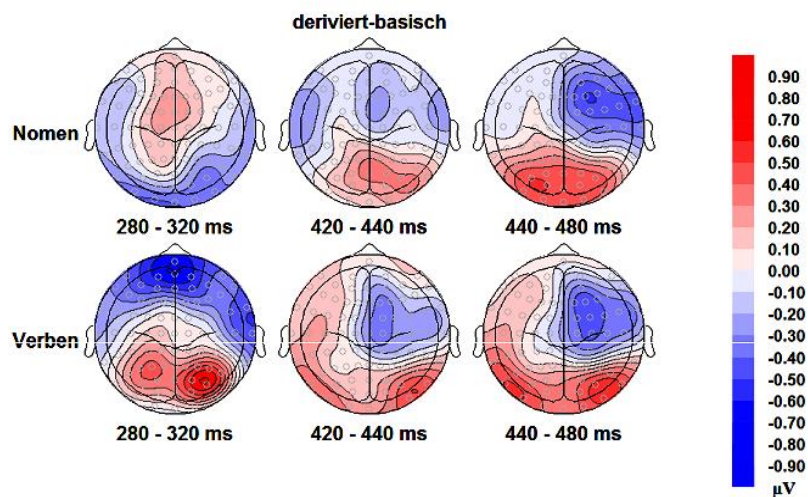


Abbildung 12: Differenztopographie in der Aktivierung von Nomen und Verben (deriviert-basisch), für Nomen (obere Reihe) und Verben (untere Reihe) für die mittleren Zeitbereiche 280-320ms (linke Spalte), 420-440ms (mittlere Spalte, 440-480ms (rechte Spalte).

Statistische Analyse

Tabelle 9: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der zwei Zeitfenster.

	280 - 320ms		420 - 480ms	
Haupteffekte	F	p	F	p
Deriv.richt.	4,14	<.05		
Wortkl.	4,54	<.05	4,3	<.05
Lat.	16,95	<.001	3,39	<.05
Ant.-Post.	18,44	<.001	12,27	<.01
Zeitf. (nur für Zeitbereich 420-480ms)				
Interaktion				
Deriv.richt.*Lat.	4,12	<.05		
Wortkl.*Lat.			3,55	<.05
Wortkl.*Ant.-Post.	5,19	<.05		
Lat.*Ant.-Post.	7,09	<.001	23,08	<.001
Lat.*Zeitf.			14,25	<.001
Deriv.richt.*Wortkl.*Lat.	3,43	<.05		
Deriv.richt.*Wortkl.*Zeitf.			8,69	<.01
Deriv.richt.*Lat.*Zeitf.			5,36	<.05
Deriv.richt.*Wortkl.*Lat.*Zeitf.			6,57	<.01
Abkürzungen: Deriv.richt.=Derivationsrichtung; Wortkl.=Wortklasse; Lat.=Lateralität; Ant.-Post. =Anterior-Posterior; Zeitf.=Zeitfenster;				

In der statistischen Analyse der Ergebnisse zeigen sich in dem Zeitfenster von 280-320ms Haupteffekte der *Derivationsrichtung* $F(1,24)=4,54$, $p<.05$, der *Wortklasse* $F(1,24)=4,14$, $p<.05$, der *Lateralität* $f(1,48)=16,95$, $p<.001$ und dem Faktor *Anterior-Posterior* $F(1,72)=18,44$, $p<.001$. Interaktionen finden sich bei der *Derivationsrichtung* Wortklasse * Lateralität* $F(1,48)=3,43$, $p<.05$. Außerdem interagiert die *Wortklasse* *mit dem Faktor *Anterior-Posterior* $F(1,72)=5,19$, $p<.05$, was zeigt, dass sich die beiden Wortklassen hinsichtlich der topographischen Verteilung entlang der Anterior-Posterior Achse unterscheiden. Auch die *Lateralität* interagiert mit dem Faktor *Anterior-Posterior* $(1,144)=7,09$, $p<.001$.

In dem späteren Zeitfenster von 420-480 ms (mit dem Messwiderholungsfaktor Zeitfenster (420-440ms, 440-480ms)) finden wir Haupteffekte der *Wortklasse* $F(1,24)=4,31$, $p<.05$, *Lateralität* $F(1,48)=3,39$, $p<.05$ und *Anterior-Posterior* $F(1,72)=12,27$, $p<.01$. Signifikante Interaktionen zeigen sich bei der *Wortklasse * Lateralität* $F(1,48)=3,55$, $p<.05$, d.h., dass sich die Wortklassen auch entlang der Lateralität im Gehirn unterscheiden. Auch hier interagiert die *Lateralität* mit dem Faktor *Anterior-Posterior*

$F(1,144)=23,08$, $p<.001$. Die für unsere Hypothese relevante Interaktion *Derivationsrichtung* * *Wortklasse* * *Zeitfenster* wird signifikant $F(1,24)=8,69$, $p<.01$. Auch die vierfach Interaktion der *Derivationsrichtung** *Wortklasse** *Lateralität** *Zeitfenster* wird signifikant $F(1,48)=6,57$, $p<.01$. Desweiteren ist auch die Interaktion *Derivationsrichtung* * *Lateralität* * *Zeitfenster* $F(1,48)=5,36$, $p<.05$ zu finden, was zeigt, dass in diesem Zeitfenster auch Unterschiede der Derivationsrichtung hinsichtlich ihrer rechts-links Verteilung im Gehirn bestehen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

In den EKPs über die zwölf repräsentativen Elektroden (F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O10) zeigt sich, dass sich die derivierten Nomen in ihren EKPs klar von den derivierten Verben und den Basisformen unterscheiden. Die derivierten Nomen weisen in dem Zeitfenster von 420-480ms über fast alle Elektrodenpositionen die höchsten Amplituden auf und zeigen ein anderes Muster als die anderen Bedingungen. Im Kontrast dazu war die Aktivität der derivierten Verben näher an der Aktivität von Basisverben.

Schon in einem frühen Zeitbereich, nach ca. 200ms verhalten sich die verschiedenen Bedingungen unterschiedlich, doch die Verarbeitung der morphologischen Komplexität der Derivationsrichtung findet später statt, nach ca. 400ms, da sich die verschiedenen Bedingungen erst in diesem Zeitbereich klar unterscheiden.

Auch in der Topographie der gebildeten Differenz (deriviert-basisch) zeigen derivierte Nomen ein anderes Aktivierungsmuster als derivierte Verben. Es wurden andere Bereiche in der Gehirntopographie bei derivierten Nomen aktiviert und die Aktivierung war stärker als bei derivierten Verben.

2.2.4. Diskussion

In der vorgestellten Studie unterscheiden sich die derivierten Nomen in ihren EKPs stark von den derivierten Verben und Basisformen. Dieses Muster wird so interpretiert, dass die Verarbeitung der derivierten Nomen mit der weniger stabilen Derivationsrichtung von Verb- zu- Nomen für das Gehirn schwieriger und somit mit höherem Verarbeitungsaufwand verbunden ist. Es scheint so, als ob es tatsächlich einen zugrundeliegenden Mechanismus gibt, der die zwei Muster von Derivationsrichtungen unterschiedlich

effizient verarbeitet. In dem relevanten Zeitfenster von 420-480ms zeigen die derivierten Nomen über fast alle Elektrodenpositionen die höchsten Amplituden und verhalten sich eindeutig unterschiedlich im Vergleich zu anderen Bedingungen. Genau dieser Zeitbereich der N400 nach 400ms scheint die Asymmetrien in der diachron motivierten Stabilität der Ableitungsrichtung im Deutschen im Gehirn zu reflektieren.

Ähnlich wie in verschiedenen morphologischen priming Studien (Dominguez 2004, Longtin 2005, Lavric 2007, Morris 2008, Marslen-Wilson 2008) ist es also der Zeitbereich der N400, der Unterschiede in der Stabilität morphologischer Muster reflektiert. Wie in verschiedenen Studien (siehe Tabelle Kapitel 1.3.) wird die Amplitude in diesem Bereich kleiner, wenn die verschiedenen Bedingungen Informationen bereitstellten, die eher erwartet wurden und somit leichter zu verarbeiten waren oder die, wie in unserem Fall, stabiler bzw. weniger komplex waren.

Das vorliegende Muster der höchsten Amplituden für derivierte Nomen stimmt also mit der Hypothese der schwierigeren Verarbeitung der weniger stabilen Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen überein. Auch die Aktivität der derivierten Verben lag näher an der Aktivität der Basisverben, was sich ebenfalls mit der Hypothese des geringeren Arbeitsaufwandes der stabileren Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verben deckt. Die höheren Amplituden für derivierte Nomen weisen tatsächlich auf ein hocheffizientes System der Sprachverarbeitung hin, weil Bedingungen, die aufgrund ihrer inhärenten Eigenschaften weniger stabil sind, auch mit mehr Arbeitsaufwand im Gehirn verbunden sind. Das bedeutet, dass die synchrone neuronale Verarbeitung unterschiedlich stabiler Derivationsrichtungen keine Spiegelbilder sind, da sich ein Unterschied in der neuronalen Verarbeitung zeigt, welcher parallel zum Unterschied in der diachron motivierten, nicht oberflächlich markierten, zugrunde liegenden Stabilität der beiden Derivationsrichtungen verläuft. Diese Verarbeitung der verschiedenen Dynamiken von Sprachwandel findet im Zeitbereich der N400 statt, und dies bestätigt sich auch in der statistischen Analyse der signifikanten Interaktion der Derivationsrichtung und der Wortklasse in genau diesem Zeitfenster der N400.

Andere EEG priming Studien (McKinnon 2003, Dominguez 2004, Lavric 2007, Morris 2008) haben, wie die Übersicht in Kapitel 1.3. zeigt, die morphologische Verarbeitung von Wörtern untersucht und, auch wenn in diesen Studien andere morphologische Eigenschaften (morphologisch verbundene vs. morphologisch nicht verbundene Wörter) von Wörtern untersucht wurden, lassen sich unsere Ergebnisse hier unter der Annahme

einer unterschiedlich effizienten Verarbeitung von unterschiedlichen Eigenschaften von morphologisch komplexen Wörtern einordnen. Ein N400 typisches Muster wird auch in unseren Ergebnissen sichtbar und passt in die Literatur über N400 Effekte, in der angenommen wird, dass die N400 ein genereller Marker für lexikalische Integrationsprozesse der sprachlichen Verarbeitung ist (Kutas&Hillyard 2011).

Auch die Topographie der gebildeten Differenz (deriviert-basisch) zeigt, dass derivierte Nomen im Vergleich zu derivierten Verben eine stärkere Aktivierung in mehr Bereichen aufweisen. Auch topographisch könnte dies einen Hinweis darauf sein, dass bei derivierten Nomen, wie in der Studie von Marangolo (2006) aufgrund der höheren Anforderungen, die die Verarbeitung dieser morphologisch komplexeren Stimuli braucht, zusätzliche Komponenten notwendig sind.

Für zukünftige Untersuchungen der vorliegenden Muster von morphologischer Komplexität ist es topographisch sicherlich von Interesse, die Nomen-Verb Konversionen mit der Methode des fMRTs zu untersuchen, da diese Methode eine bessere räumliche Auflösung bereitstellt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind außerdem im Einklang mit den Ergebnissen der Studie von Meinzer et al. (2009) und der Studie von Pliatsikas et al. (2013), und mit der Hypothese, dass komplexere Wörter mit mehr Aktivierung und Verarbeitungsanforderungen verbunden sind. Auch in Experiment eins gibt es Hinweise für einen zugrunde liegenden Mechanismus im Gehirn, welcher Stimuli mit unterschiedlichen Stabilitätsmustern unterschiedlich effizient verarbeitet, und zwar auch dann, wenn diese Unterschiede in der Stabilität nicht oberflächlich markiert sind und zusätzlich durch Asymmetrien in der historischen Sprachentwicklung motiviert sind.

Die aktuellen Ergebnisse werden im Rahmen des morphologischen Erklärungsansatzes und im Gegensatz zur Annahme einer kategoriellen Unterscheidung als erstes Ordnungsprinzip interpretiert. Auch wenn eine kategorielle Unterscheidung zwischen Nomen und Verben angenommen wird, so wie es einige Studien tun, stehen die Ergebnisse im Widerspruch zu der Annahme, dass Nomen einfacher vom Gehirn verarbeitet werden. In der vorliegenden Studie werden bei derivierten Formen Verben wegen der stabileren, zugrunde liegenden Derivationsrichtung einfacher verarbeitet. Auch bei den Basiswörtern gibt es keinen Beweis für einen Vorteil bei der Verarbeitung von Nomen.

Ein weiterer starker Beweis für die Annahme, dass es möglich ist, die verschiedenen Ausprägungen der effizienten Verarbeitung zu analysieren, die mit den Asymmetrien der Ableitungsrichtungen von Nomen und Verben verbunden sind, ist der Vergleich mit den Annahmen aus dem morphologischen Erklärungsansatz. Nach diesem sollten flektierte Verben, wie ‚fangen‘ in unserem Stimulusmaterial eine höhere Aktivierung zeigen als das Nomen ‚Fang‘, da die Verbverarbeitung noch bestimmte Dekompositionsanforderungen mit sich bringt (siehe Kapitel 1.3.).

Die Tatsache, dass in dem hier diskutierten Experiment aufgrund der weniger stabilen Derivationsrichtung mehr Aktivierung für die derivierten Nomen gefunden wurde, ist eine Bestätigung für die Annahme, dass das Gehirn auch nicht-oberflächlich markierte, diachron motivierte, morphologische Differenzen mit unterschiedlicher Effizienz verarbeitet. Die Ergebnisse können folglich nicht allein durch Wortklasseneffekte oder durch das Flexionsmuster der zwei Wortklassen erklärt werden.

Die Ergebnisse stehen auch im Gegensatz zu Studien, welche semantische Variablen oder morphologische Effekte für Wortklasseneffekte verantwortlich machen. In einer Subanalyse unseres Stimulusmaterials, in der die Stimuli in die zwei Klassen konkret und abstrakt eingeteilt worden sind¹³, wurde kein Beweis für die Annahme gefunden, dass semantische Eigenschaften für die Ergebnisse verantwortlich sein könnten. Die Auswertung ergab keinen Einfluss der semantischen Eigenschaften auf die Verarbeitung.

Zudem stehen die Ergebnisse im Widerspruch zu den Annahmen des morphologisch distribuierten Ansatzes (Marantz 1997), welcher behauptet, dass es keine derivationalen Regeln im Lexikon gibt, da keine direkte morphologische Beziehung zwischen dem Verb und dem Nomen existiert. (Marantz 1997, Harley & Noyer 1999). Da in der vorliegenden Studie andere Einflüsse, wie Frequenz, Wortlänge und semantische Variablen kontrolliert wurden, und da sich ein klarer Unterschied zwischen dem stabileren und weniger stabilen derivationalen Muster gezeigt hat, muss in diesem Fall davon ausgegangen werden, dass es derivationale Regeln im Lexikon gibt.

¹³ Einteilung nach semantischen Eigenschaften, nach der Vorstellungsfähigkeit der Nomen und Verben, z.B. tanzen bzw. Tanz wäre konkret, da eine konkrete vorstellbare Tätigkeit und zanken bzw. Zank wäre abstrakt, da keine konkret vorstellbare Tätigkeit

Die Ergebnisse unterstützen die Idee, dass das Gehirn das stabilere Muster der Konversion von Nomen-zu-Verb effizienter verarbeitet, da in diesem Fall die Gehirnaktivität näher an der Aktivität von Basisverben lag.

Die unterschiedlichen temporalen Dynamiken des Sprachwandels sind durch die EKPs in einem Unterschied in der Effizienz der Verarbeitung im Gehirn reflektiert.

Die Auswahl der Stimuli hat sich im ersten Experiment auf Konversionspaare beschränkt. Von Interesse ist nun natürlich, ob eine Generalisierung der Ergebnisse auf andere Muster von Derivationen möglich ist. Da das übergeordnete Ziel der Dissertation die Verknüpfung von theoretischer Linguistik und deren neuronalen Verarbeitung im Gehirn ist, sollten die Ergebnisse aus Experiment eins auch auf andere Muster von Derivationen übertragbar sein. Im folgenden Experiment wird ein solcher Generalisierungsversuch durch die Untersuchung der Verarbeitung von Derivationen mit Umlaut und Ablaut vorgestellt.

2.3. Experiment 2: Die Verarbeitung von Verb-zu-Nomen und Nomen-zu-Verb Derivationen unter Umlaut und Ablaut

2.3.1. Hintergrund

Das Ziel in Experiment zwei ist eine Ausweitung der Hypothese der effizienteren Verarbeitung von Derivationen mit stabilerer, diachron motivierter Derivationsrichtung auf komplexere Muster von Derivationen. In Experiment eins wurden Konversionen untersucht, deren Oberflächenformen keine phonologischen Unterschiede zwischen den Derivationen aufweisen. Auch in der Studie von Pliatsikas (2013), die ähnliche Effizienzkriterien der morphologischen Verarbeitung annehmen, wurden morphologische Wörter untersucht, die keine phonologische Stammmodifikation zwischen den unterschiedlichen Stimuli aufweisen.

Im zweiten Experiment werden Umlautpaare und Ablautpaare untersucht. Bei den Umlautpaaren geht der Prozess der Derivation (Nomen zu Verb und Verb zu Nomen) einher mit einer Umlautbildung des Stammes. Die Umlautpaare im Stimulusmaterial umfassen die Umlautbildung von $a > ä$, $u > ü$ und $o > ö$ (z.B. Dunst > dünsten und rauben > Räuber). Die Ablautpaare haben nur eine Derivationsrichtung von Verb (starke Verben

als Basis bei Ablaut) zu Nomen (z.B. beißen > der Biss). Der gebildete Ablaut umfasst dabei Ablaute aus den Ablautreihen I, II, III.

Es soll gezeigt werden, dass auch Derivationsrichtungen, welche sich phonologisch unterscheiden, parallel zu der diachronen Asymmetrie in der Stabilität der Derivationsrichtungen verarbeitet werden.

Bei den Derivationen mit Umlaut liegen, wie bei Konversionen, beide Derivationsrichtungen vor, was einen direkten Vergleich der Ergebnisse von Experiment eins und Experiment zwei ermöglicht. Als Kontrolle wurden Derivationen mit Ablaut untersucht, bei denen nach Definition nur eine Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen vorliegt. Spezifisch wird der Frage nachgegangen, ob sich diese stärkere Markierung einer Derivationsrichtung bei Ablaut in den EKPs widerspiegelt, und was dies für die Interpretation der Ergebnisse und hinsichtlich der „globalen Fragestellung“ der Dissertation bedeutet.

Eine Ausweitung der Hypothese auf viele unterschiedliche Fälle von Derivationen würde zeigen können, dass auch andere morphologische Muster (hier Stammalternation durch Umlaut und Ablaut) parallel zum Unterschied in der Stabilität neuronal unterschiedlich effizient verarbeitet werden.

2.3.2. Methoden

Versuchspersonen

Insgesamt 19 Studenten der Universität Konstanz nahmen am Experiment teil. Sie bekamen für Ihre Teilnahme acht Euro pro Stunde oder erhielten Kurspunkte. Die Teilnehmer wurden über die experimentelle Prozedur informiert und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Die Daten von drei Teilnehmern wurden aufgrund von exzessiven Artefakten von der weiteren Analyse ausgeschlossen (mehr als 20% zurückgewiesener Epochen während der Mittelung in zumindest einer experimentellen Bedingung). Die 16 verbleibenden Teilnehmer für die weitere Datenanalyse, 8 Frauen und 8 Männer, waren zwischen 19 und 29 Jahre alt (Durchschnittsalter 22,1). Alle Teilnehmer waren Rechtshänder. Die Händigkeit wurde durch das „Edinburgh Handedness Inventor“ (Oldfield 1971) festgestellt. Teilnehmer wurden als rechtshändig eingestuft, wenn die Händigkeitsbewertung über 70 war. Die Teilnehmer waren deutsche Muttersprachler und hat-

ten keine dokumentierten Leseschwierigkeiten oder neurologische bzw. psychiatrische Krankheitsbilder und hatten ein normales oder zu normal korrigiertes Sehvermögen.

Auch in Experiment zwei wurden die Endnoten im Fach Deutsch des Schulabschlusszeugnisses aufgenommen, um ein ungefähres Maß für die grammatischen Kapazitäten und Lesefähigkeiten der Teilnehmer zu haben. Die Durchschnittsnote der Teilnehmer lag bei 11,1 Punkten, was nach dem deutschen Benotungssystem auf ein gutes grammatisches Verständnis und gute Lesefähigkeiten verweist.

Stimuli

Nach der Durchführung des Produktionstests umfasste das Stimulusmaterial insgesamt 216 Wörter:

- 18 Nomen-Verb Umlautpaare mit der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb (z.B. Traum →träumen).
- 18 Verb-Nomen Umlautpaare mit der Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen (z.B. backen →Bäcker).
- 18 Verb-Nomen Ablautpaare mit der inhärenten und einzigen Derivationsrichtung für Ablaut von Verb-zu-Nomen (z.B. fliegen →Flug).

Des Weiteren umfasste das Stimulusmaterial:

- 18 Nicht-Wörter, die durch Auswecheln weniger Buchstaben in den Nomen-Verb Umlautpaaren stark an die realen Wörter angelehnt waren, mit der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb (z.B. Traug →träuzen).
- 18 Nicht-Wörtern, die durch Auswecheln weniger Buchstaben in den Verb-Nomen Umlautpaaren stark an die realen Wörter angelehnt waren, mit der Derivationsrichtung von Verb-zu Nomen (z.B. baschen →Räscher).
- 18 Nicht-Wörter, die durch Auswecheln weniger Buchstaben in den Verb-Nomen Ablautpaaren stark an die realen Wörter angelehnt waren, mit der Derivationsrichtung von Verb zu Nomen (z.B. fleuben →Frug).

Alle Nicht-Wörter waren phonotaktisch legal. Die Nicht-Wörter waren in ihrer äußeren Form an die Wortklasse der realen Wörter angeglichen, für die Verben durch die Kleinschreibung sowie die Endung –en, für die Nomen durch die Großschreibung.

In Bezug auf die Wörter wurden nur Paare ausgewählt, die eindeutige Derivationsrichtungen nach der linguistischen Literatur des Deutschen (Fleischer & Barz 2012, Kunkel-Razum 2007, *Deutsche Wörterbücher und Grammatik*; www.canoo.net) und nach den fünf Kriterien zur Bestimmung der Derivationsrichtung von Wortpaaren haben.

Alle Stimuli wurden bezüglich der Anzahl der Buchstaben kontrolliert, wobei in Kauf genommen wurde, dass die Verben mit ihren Endungen auf –en im Deutschen etwas länger sind als ihre korrespondierenden Nomen. Beim Genus des Materials wurden, sowohl für die Umlautpaare als auch für die Ablautpaare, nur maskuline Nomen ausgewählt. Bei den Umlautpaaren durchliefen die Stimuli den phonologischen Prozess der Umlautbildung von a-ä, u-ü, o-ö und von au-äu. Die Stimuli für den Ablaut enthielten Ablautmuster aus Klasse I, Klasse II und Klasse III.

Reale Wörter wurden in Bezug auf die Wortfrequenz gematcht (German CELEX database). Die oben aufgeführte Endauswahl wurde nach der Durchführung eines Produktionstest festgelegt.

Produktionstest

24 Versuchspersonen nahmen am Produktionstest teil, von denen niemand als Versuchsperson im Hauptexperiment teilnahm. Die Aufgabe bestand darin, für die vorgegebenen Ablaut- und Umlautpaare das jeweilig dazugehörige Verb oder Nomen zu generieren.

Aus der ursprünglichen Stimulus-Sammlung wurden 58 Wortpaare als kritisch eingestuft, davon 19 bei den Ablautpaaren, 25 bei den Umlautpaaren für die Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen und 14 bei den Umlautpaaren für die Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb. Als kritisch wurden diese Paare eingestuft, da das jeweils zugehörige Nomen oder Verb nicht als das einzig mögliche genannt wurde. Zum Beispiel gibt es bei dem Ablautpaar ‚pfeifen‘ → ‚der Pfiff‘ als mögliches Nomen noch das nicht abgelaute Nomen der Pfeifer. Ebenso gibt es bei den Umlautpaaren auch Nomen ohne Umlaut, z.B. bei ‚fangen‘ → ‚der Fänger‘ ist auch das Nomen ohne Umlaut ‚der Gefangene‘ realisierbar. In der Endauswahl wurden nur die Paare ausgewählt, bei denen alle Versuchspersonen nur das dazugehörige Umlaut- oder Ablautpaar generiert haben. Stimulipaare bei denen andere Möglichkeiten generiert wurden, wurden aus der Stimulusauswahl entfernt.

Die Stimuli wurden auf drei unterschiedliche Gruppen verteilt. Die 58 als kritisch eingestuften Wortpaare wurden in jede der drei Gruppen des Produktionstests aufgenommen. Zusätzlich wurde bei jeder Gruppe noch ein Kontrollblock mit je 15 verschiedenen Wörtern hinzugefügt. Diese Kontrollwörter stammten zum Teil aus dem Stimulusmaterial, teilweise waren es Wörter aus den 58 als kritisch eingestuften Wörtern mit der umgekehrten Derivationsrichtung, z.B. der ‚Schnitt‘ → ‚schneiden‘.

Von den 58 als kritisch eingestuften Wörtern wurden, nach Auswertung des Produktionstests, 36 Wörter in die endgültigen Listen für die Versuchspersonen aufgenommen, dazu wurden noch 9 Wörter aus den drei Kontrollblöcken übernommen. Die restlichen 9 Wörter für die Endlisten wurden aus den als nicht- kritisch eingestuften Wörtern der ursprünglichen Stimulussammlung entnommen.

Die endgültigen Listen setzten sich zusammen aus:

- den oben genannten 18 Ablautpaaren mit der einzigen Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen, davon 13 (von 19) aus den als nicht-kritisch bewerteten Wörtern des Produktionstests und 5 aus den Kontrollblöcken.
- 18 Umlautpaare mit der Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen, davon 16 (von 25) aus den als nicht-kritisch eingestuften Wörtern und 2 aus den Kontrollblöcken.
- 18 Umlautpaare mit der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb, davon 7 (von 14) aus den als nicht-kritisch eingestuften Wörtern, 2 aus den Kontrollblöcken und 9 Wörter aus den als nicht-kritisch eingestuften Wörtern der ursprünglichen Stimulussammlung.

Experimentelle Prozedur

Die Sitzung begann mit einem kurzen Probedurchlauf. Die Teilnehmer saßen in zwei Meter Entfernung vor einem Computerbildschirm und wurden instruiert, die Wörter zu lesen und, immer dann, wenn sie ein Nicht-Wort lesen, mit ihrer linken Hand einen Knopf auf einer Tastatur zu drücken. Sie wurden darauf hingewiesen, so korrekt und so schnell wie möglich zu reagieren.

Die Stimuli wurden in der Mitte des Bildschirms präsentiert, in weißen Buchstaben (Schriftart Arial) mit einer Größe von 42 Punkten vor einem schwarzen Hintergrund. Sie bedeckten weniger als 2 Grad horizontal und 0,34 Grad vertikal des visuellen Feldes

der Teilnehmer. Jedes Wort wurde für 1700ms präsentiert. Das Interstimulus-Intervall war 500ms.

Die experimentelle Sitzung bestand aus drei Blöcken mit je einer Pause dazwischen. Für die experimentelle Sitzung wurde das Stimulusmaterial auf drei Listen verteilt. Jede Liste enthielt die 108 experimentellen Wörter und die 108 Nicht-Wörter in einer pseudo-randomisierten Reihenfolge. Diese Listen wurden anhand der folgenden Beschränkungen erneut sortiert:

- Nicht mehr als drei Wörter oder Nicht-Wörter direkt hintereinander.
- Nicht mehr als drei Wörter derselben Wortklasse in einer Reihenfolge (analog dazu auch für Nicht-Wörter).
- Mindestens zehn andere Wörter zwischen dem Nomen und dem korrespondierenden Verb (analog dazu auch für die Verb-Nomen Wortpaare).

Die aus dieser Sortierung resultierenden Listen wurden je Liste in drei Blöcke (ABC) mit je 72 Wörtern unterteilt und diese Blöcke wurden innerhalb der Listen randomisiert. Aus der Sortierung ergaben sich je Liste sechs verschiedene Versionen von Anordnungen der Stimuli (drei Listen), z.B. Liste 1_ABC, Liste 1_ACB, Liste 1_BAC, Liste 1_BCA usw. Diese wurden nochmals hinsichtlich der oben genannten Beschränkungen überprüft und, falls erforderlich, korrigiert. Durch diese verschiedenen Anordnungen der 216 Stimuli in insgesamt 18 Versionen sollte eine Beeinflussung der Messergebnisse durch gleichbleibende Abfolge der Wörter weitgehendst ausgeschlossen werden.

Jede Versuchsperson bekam pro Block jeweils eine Version von einer der drei Listen präsentiert. Auch die Reihenfolge der Präsentation der drei Listen mit ihren unterschiedlichen Anordnungen der Stimuli wurde für jede Versuchsperson variiert (z.B. Versuchsperson 1: Liste1_1, Liste 2_2, Liste 3_3, Versuchsperson 2: Liste 2_2, Liste 3_2, Liste 1_2 u.s.w).

Die Prozedur der EEG Aufnahme und der allgemeinen EEG Datenanalyse wurde im oberen Kapitel schon aufgeführt (siehe Kapitel 2.1) und ist auch für das zweite Experiment gültig.

Statistische Datenanalyse

Für die weitere Datenanalyse wurden die Durchschnittsamplituden in jedem der fünf Zeitfenstern kalkuliert: 170-220ms, 300-400ms, 400-500ms, 500-600ms, 600-800ms. Diese fünf Zeitfenster wurden ausgewählt, weil, nach einer visuellen Analyse der EEG Daten, diese Zeitbereiche als sensibel für Unterschiede zwischen den verschiedenen Bedingungen eingestuft wurden. Das frühe Zeitfenster von 170-220ms wurde für die Überprüfung von eventuellen LAN-Effekten ausgewählt. Die späteren Zeitfenster wurden ausgewählt, um eventuell später auftauchende Effekte in der Verarbeitung zu berücksichtigen.

Für die statistische Analyse wurden die zwölf repräsentativen Elektroden ausgewählt, die auch schon in Experiment eins verwendet wurden und die für eine Auswertung visueller Experimente relevant sind: F5, C3, CP5, O9, Fz, Cz, Pz, Oz, F6, C4, CP6, O10 (Tabelle 10). Ein wiederholtes ANOVA Messdesign mit den vier innerhalb-Faktoren: Wortklasse (Nomen vs. Verben), Derivationsrichtung (Nomen-zu-Verb vs. Verb-zu-Nomen), Lateralität (links vs. mittel vs. rechte Elektrodengruppen), und Anterior-Posterior Verteilung (vier Stufen vom Vorderkopf bis zum Hinterkopf) wurde angewandt.

Alle aufgeführten Werte sind, immer wenn es angebracht war, nach Geisser-Greenhouse korrigiert. Da in Experiment zwei sowohl Umlautpaare als auch Ablautpaare integriert wurden, wurde wegen der Vergleichbarkeit der Bedingungen in der statistischen Analyse eine Trennung vorgenommen, weil bei den Ablautpaaren nur eine Derivationsrichtung von Basisverben zu derivierten Nomen existiert.

Für alle Zeitbereiche wurde die statistische Analyse für die Umlautpaare ohne die Ablautpaare durchgeführt. Für eine zusätzliche Analyse der Umlautpaare wurden zwölf hintere repräsentative Elektroden ausgewählt, die über den Kopf verteilt sind und ebenfalls als sensibel für die Verarbeitung der Umlautpaare eingestuft wurden (Tabelle 11): P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P5, P3, PO3, PO7, PO9, O1. Jeweils 4 Elektroden zeigten eine besonders starke Aktivierung in der Verarbeitung der Stimuli, deshalb wurde nur für die Umlautpaare für die 4 Elektroden F6, O10, F5, O9 in den drei Zeitbereichen: 170-220ms, 300-400ms und 400-500ms eine weitere Analyse durchgeführt (Tabelle 12) und dasselbe für die 4 Elektroden F6, CP6, F5, CP5 (Tabelle 13).

Eine weitere statistische Analyse für Umlaut- und Ablautpaare mit der Derivationsrichtung von Basisverben zu derivierten Nomen führt den zusätzlichen Faktor Regel ein:

Regel 1: BVA > DNA: Basisverben mit Ablaut werden zu derivierten Nomen mit Ablaut.

Regel 2: BVU > DNU: Basisverben mit Umlaut werden zu derivierten Nomen mit Umlaut, um die Effekte von Umlaut und Ablaut vergleichen zu können für die 12 Elektroden: F5, C3, CP5, O9, Fz, Cz, Pz, Oz, F6, C4, CP6, O10 (Tabelle 14). Auch für die Umlaut- und Ablautpaare wurde eine zusätzliche Analyse für die 12 hinteren repräsentativen Elektroden (P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P3, P5, PO3, PO7, PO9, O1) durchgeführt (Tabelle 15).

Für einen direkten Vergleich der statistischen Werte aus Experiment eins und Experiment zwei wurde dem faktoriellen Design in einer weiteren Analyse ein Zwischensubjektfaktor S, S1= 25 Versuchspersonen aus Experiment eins und S2= 16 Versuchspersonen aus Experiment zwei, hinzugefügt. In dieser Analyse wurden dieselben Zeitbereiche wie in Experiment eins ausgewertet und nur die Umlautpaare aus Experiment zwei integriert, um den zweistufigen Faktor Derivationsrichtung beizubehalten (Tabelle 16).

Letztendlich wurde nur für die Umlautpaare aus Experiment zwei für die 12 repräsentativen Elektroden aus Experiment eins und für die drei Zeitbereiche aus Experiment eins: 280-320ms, 400-440ms, 500-600ms eine weitere statistische Analyse durchgeführt, um die Ergebnisse der zwei Experimente nochmals besser vergleichen zu können (Tabelle 17).

Für die Parametrisierung und statistische Analyse wurden die statistischen Programme R (*The R Foundation for Statistical Computing: R version 2.10.1*, 2009) SPSS (*IBM SPSS= Statistical Package of the Social Sciences: Version 18*, 2010) und BESA (Scherg et al. 1996) verwendet.

2.3.3. Ergebnisse

Schaubilder der EKPs

Anhand der EKPs über die 12 repräsentativen Elektroden F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O10, in einem ersten Schritt nur für die Stimuli mit Umlaut

(Abb.13), da hier beide Derivationsrichtungen vorliegen und somit die Vergleichbarkeit mit Experiment eins vorhanden ist, wird deutlich, dass sich die EKPs nicht mit denen aus Experiment eins vergleichen lassen. Es findet zwar in zwei Zeitbereichen (vor 200ms bzw. ab 200ms und nochmal nach 400ms) eine unterschiedliche Verarbeitung der Stimuli statt, allerdings lässt sich kein generelles Muster erkennen. Nach 400ms sind es nicht die derivierten Nomen, die die höchsten Amplituden aufweisen. Das Muster verläuft vielmehr nach einer groberen Einteilung mit den höchsten Amplituden für die basischen Stimuli, gefolgt von den derivierten Stimuli. Eine klare Einteilung anhand einer Interaktion der Wortklasse mit der Derivationsrichtung lässt sich nicht erkennen. An einzelnen Elektroden wie der Cz, C3 und CP6, weisen die Basisverben die höchsten Amplituden auf. Der Unterschied zeigt sich hier vor allem bei den zentralen und rechten Elektroden: Die höchsten Amplituden weisen die basischen Stimuli auf, während die derivierten Stimuli geringere Amplituden produzieren. Im Gegensatz zu Experiment eins sind es nicht die derivierten Nomen, welche die höchsten Amplituden aufweisen, und die derivierten Verben sind bezüglich ihrer Aktivität auch nicht mit der Aktivität der Basisverben vergleichbar.

Aufgrund der Tatsache, dass die EKPs über 12 repräsentative Elektroden nicht mit denen aus Experiment eins vergleichbar sind, wurden nochmals die EKPs über 12 weiter hinten gelegene Elektroden für die Stimuli mit Umlaut berechnet (Abb.14). Doch auch über die 12 hinteren Elektroden P3, P4, P5, P6, PO3, PO4, PO7, PO8, PO9, PO10, O2, O1 zeigt sich kein eindeutiges Bild. Es findet zwar bei zwei Zeitbereichen wieder eine unterschiedliche Verarbeitung der Stimuli statt, wieder ab 200ms und ab 400ms, aber auch in diesem Fall lässt sich kein klares Muster erkennen. Das Muster spaltet sich, wie beim ersten Elektrodenset, entlang dem Unterschied zwischen Basisstimuli und derivierten Stimuli auf, so dass auch hier basische Stimuli höhere Amplituden aufweisen und dann erst die derivierten Stimuli. Auch eine stärkere Fokussierung auf vier einzelne Elektroden F6, O10, F5, O9 (Abb.15) und F6, CP6, F5, CP5 (Abb.16) zeigt kein eindeutiges Bild, da die verschiedenen Bedingungen sehr nah beieinander liegen. Erst ab 400ms ist abermals ein Unterschied, zwischen Basisstimuli einerseits und derivierten Stimuli andererseits, zu sehen.

Um das Bild zu vervollständigen, wurden die EKPs für die 12 repräsentativen Elektroden F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O10 für die Umlaut- und Ablautstimuli berechnet (Abb.17). Auch hier zeigt sich dasselbe Bild: Es ist kein klares Muster

erkennbar. Nur an einzelnen Elektroden wie der Fz und der C4 ist zu sehen, dass die derivierten Nomen mit Ablaut die höchsten Amplituden aufweisen. Allerdings zeigt sich dieses Muster nicht für das ganze Elektrodenset, was eine generelle Aussage erschwert.

Auch im letzten Schaubild der 12 repräsentativen hinteren Elektroden für Umlaut und Ablaut (Abb.18) zeigt sich, dass eine Beschreibung wie in Experiment eins anhand der gestellten Hypothesen nicht möglich ist. In diesem Fall sind sogar noch weniger Unterschiede zwischen den Bedingungen, auch nach 400ms, erkennbar.

Abbildung 19 zeigt anhand von Säulendiagrammen für die beiden Zeitbereiche der N400 dasselbe, oben beschriebene Muster. Die Mittelwerte der Amplitudenwerte der EKPs für die einzelnen Bedingungen verdeutlichen nochmals, dass die Basisbedingungen die höchsten Amplitudenwerte aufzeigen, im Gegensatz zu den derivierten Bedingungen, welche geringere Amplitudenwerte haben. Zwischen den Wortklassen gibt es allerdings kaum Unterschiede, so dass sich die Hypothese aus Experiment eins nicht bestätigen lässt.

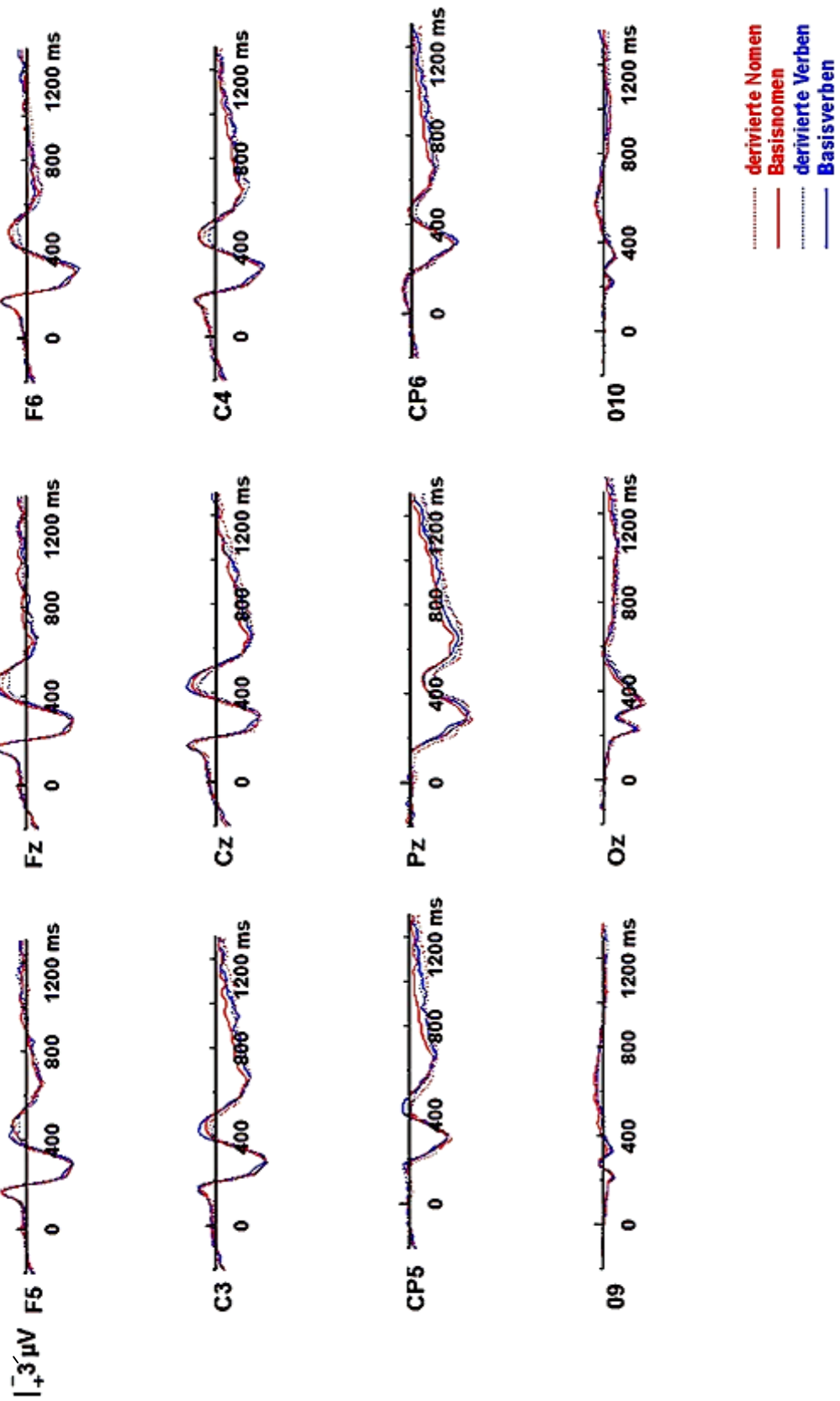


Abbildung 13: EKPs von den 12 repräsentativen Elektroden für Umlaut

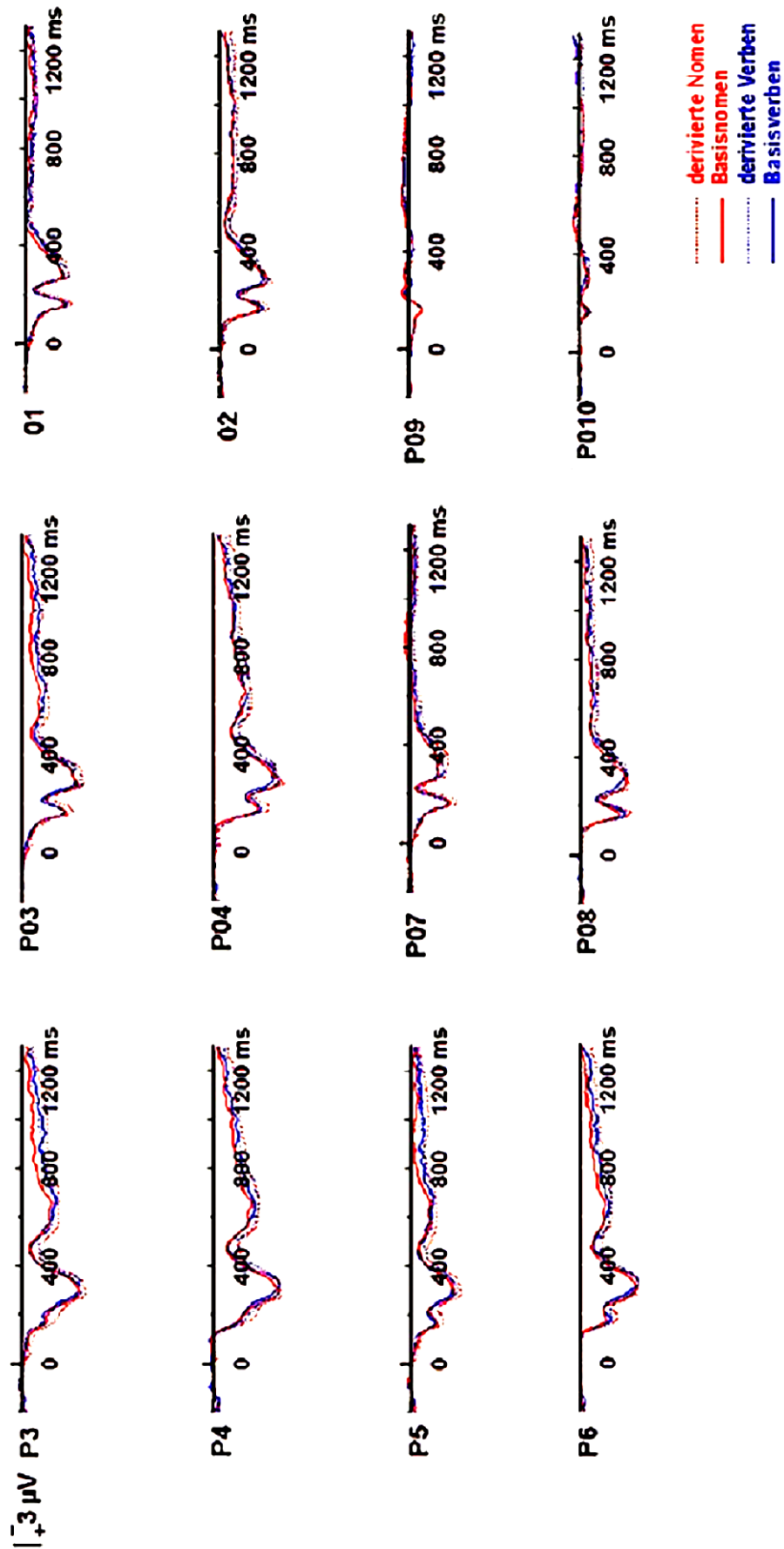


Abbildung 14: EKGs von den 12 repräsentativen hinteren Elektroden für Umlaut

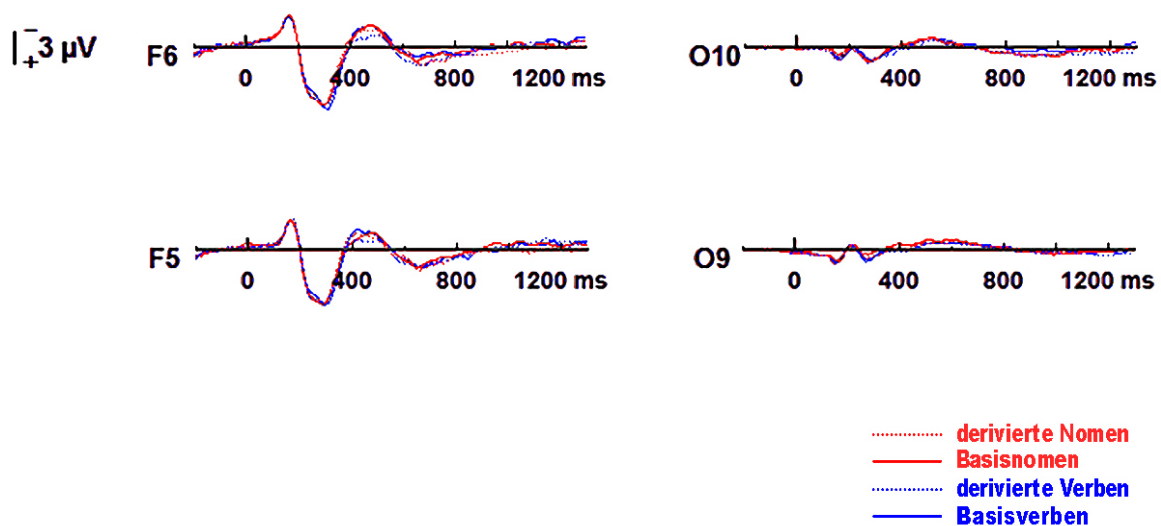


Abbildung 15: EKPs von 4 Elektroden für Umlaut

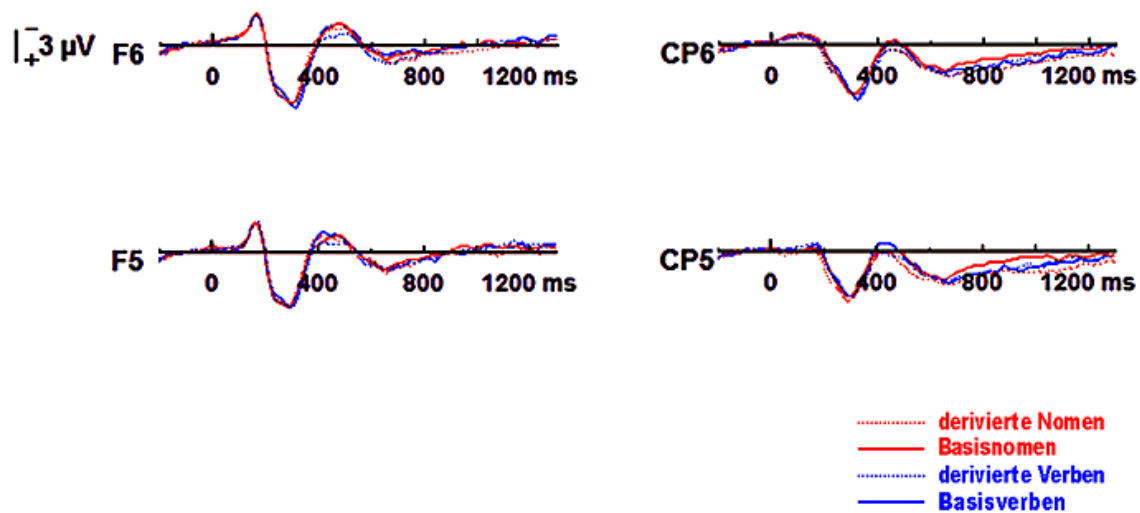


Abbildung 16: EKPs von 4 Elektroden für Umlaut

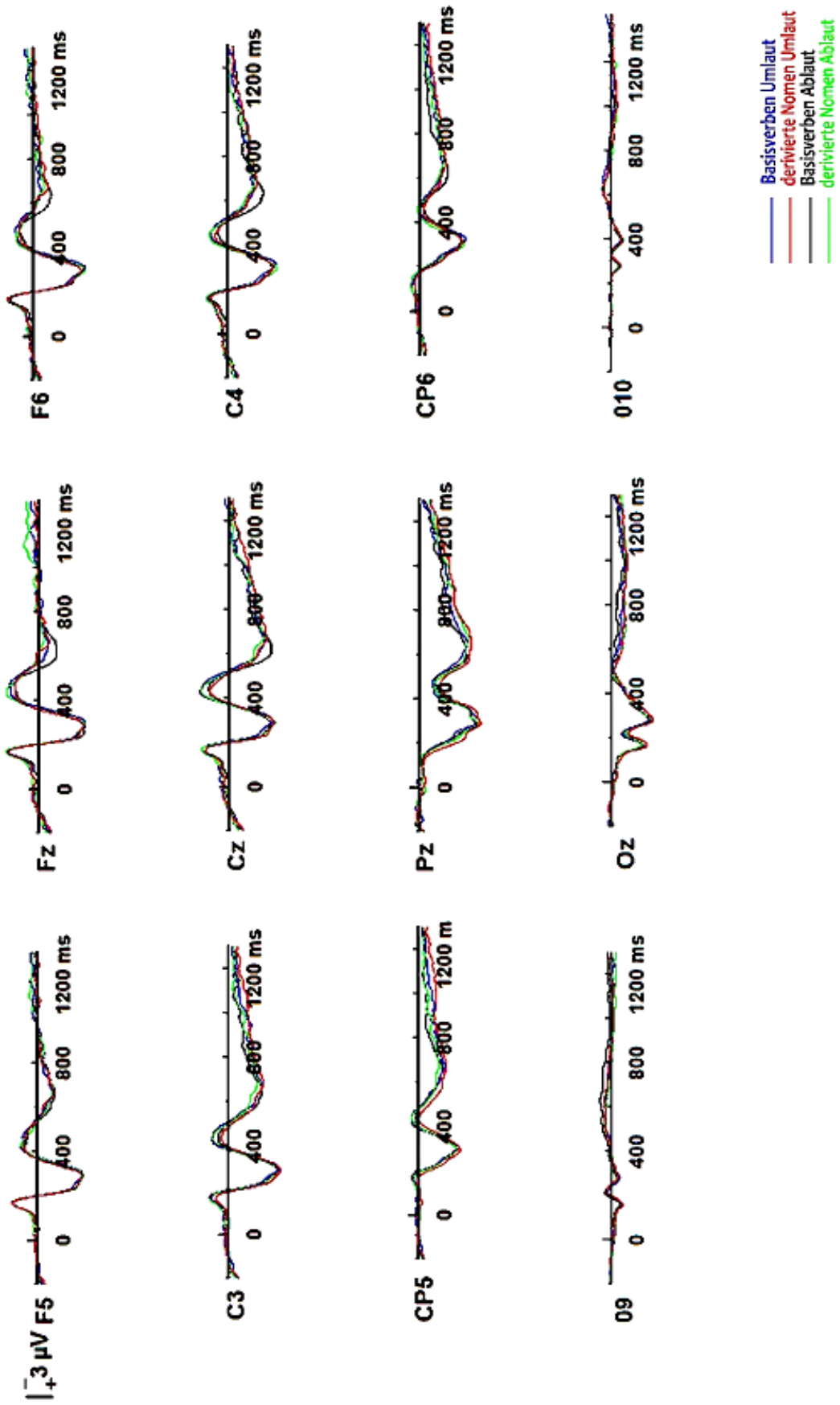


Abbildung 17: EEPs von den 12 repräsentativen Elektroden für Umlaut und Ablaut

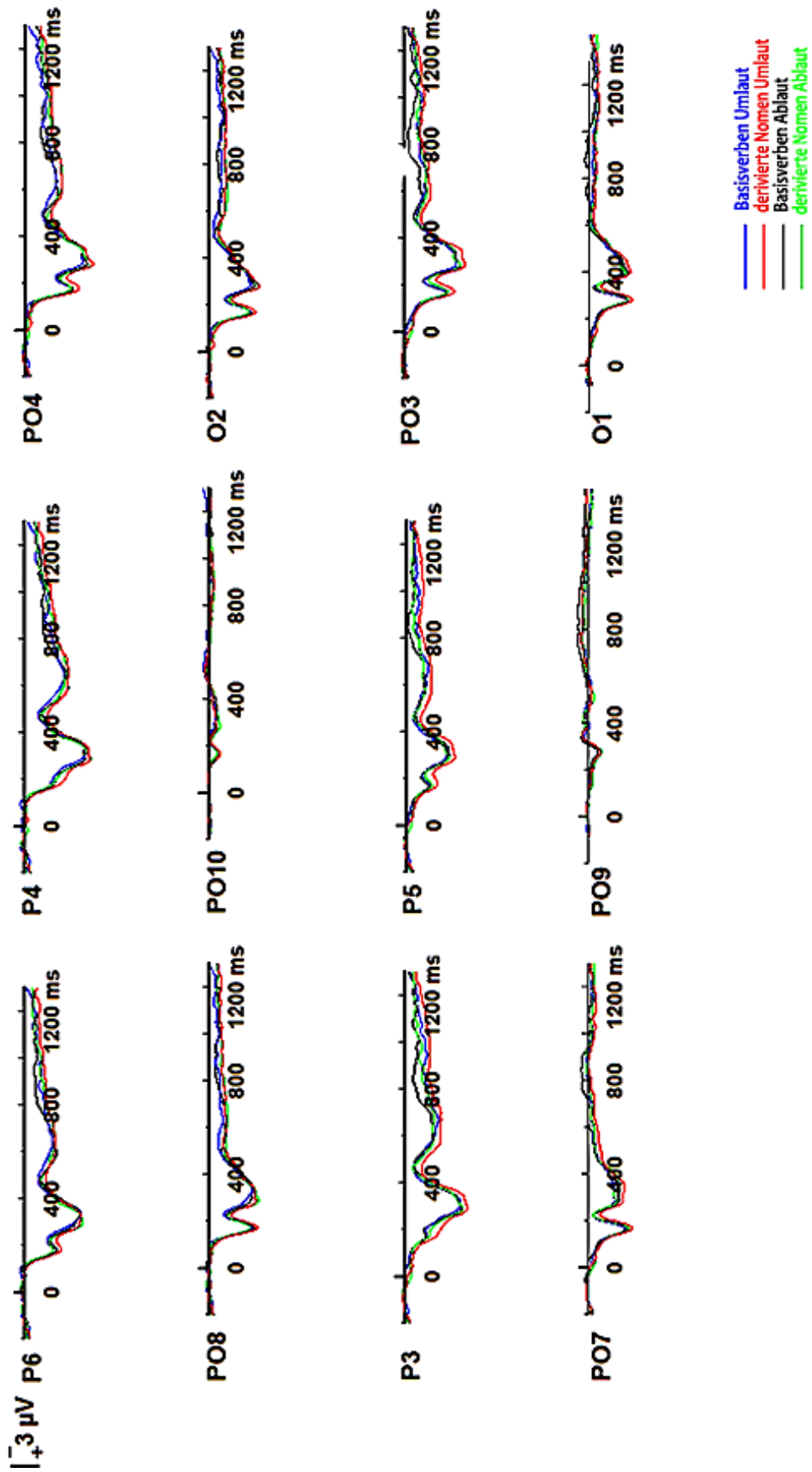


Abbildung18: EKPs von den 12 repräsentativen hinteren Elektroden für Umlaut und Ablaut

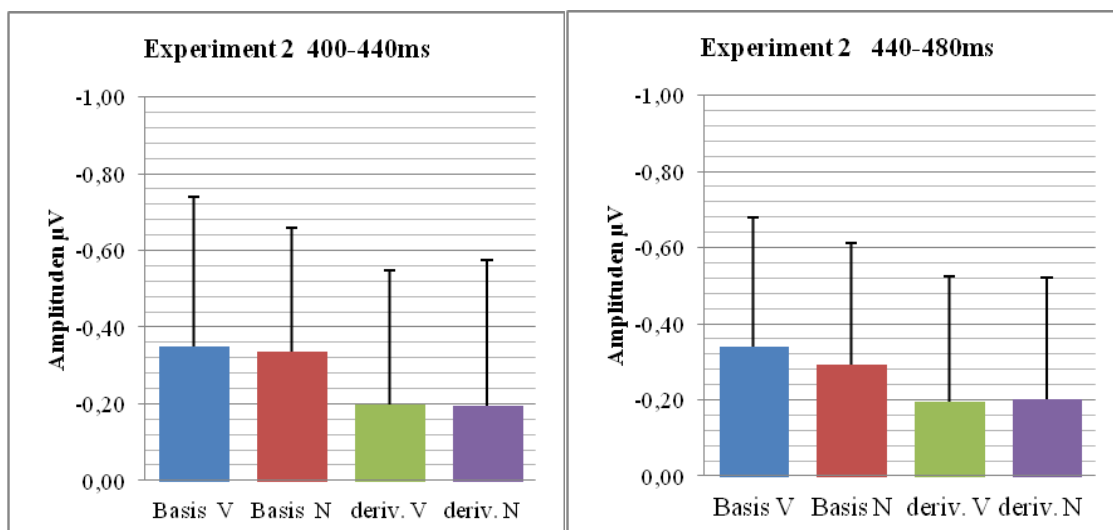


Abbildung 19: Mittelwerte der EKP Amplituden (F5,C3,CP5,O9,Fz,Cz,Pz,Oz,F6,C4,CP6,O10) für die einzelnen Bedingungen für Umlaut in den Zeitfenstern 400-440ms und 440-480ms

Topographie

In der Topographie der Umlautpaare (Abb.20) sind nur geringe Unterschiede zwischen den Basisverben und derivierten Verben mit Umlaut, sowie den Basisnomen und derivierten Nomen mit Umlaut zu erkennen. Im frühen Zeitbereich von 170-220ms findet sich ein geringer Unterschied, hier sind Basisnomen und derivierte Nomen im posterioren Bereich beider Hemisphären etwas stärker aktiviert. Im Zeitbereich von 300-400ms zeigen die Basisverben im frontalen Bereich eine geringere Aktivität, im posterioren Bereich beider Hemisphären sind beide Wortklassen und Derivationsrichtungen ähnlich stark aktiviert. Im späten Zeitbereich von 400-500ms ist das Muster der Aktivität ebenfalls nahezu übereinstimmend, so dass die posterioren Bereiche beider Hemisphären für beide Wortklassen und Derivationsrichtungen am stärksten aktiviert sind.

In einem Vergleich der Topographie von Ablaut und Umlaut (Abb.21) zeigen sich auch keine großen Unterschiede in der Gehirnaktivität. Dies trifft sowohl auf den Vergleich der Basisverben mit Ablaut und derivierten Nomen mit Ablaut, der Basisverben mit Umlaut und derivierten Nomen mit Umlaut, sowie auf den Vergleich Ablaut und Umlaut zu. Nur im Zeitbereich von 300-400ms findet sich im Vergleich zu den Bedingungen mit Ablaut eine etwas stärkere, rechtshemisphärische Aktivität der Basisverben mit Umlaut und auch der derivierten Nomen mit Umlaut.

Im späteren Zeitbereich von 400-500ms sind es die Basisverben, die, im Gegensatz zu den derivierten Bedingungen, sowohl bei Ablaut als auch bei Umlaut im posterioren Bereich der rechten Hemisphäre etwas stärker aktiviert sind. Der Vergleich zwischen Ablaut und Umlaut zeigt keine großen Unterschiede, sondern ein sehr ähnliches Muster.

Abbildung 22 zeigt die Topographie der Differenz von Nomen und Verben (derivierte Bedingungen - Basisbedingungen) für die relevanten Zeitbereiche. Es zeigt sich eine etwas stärkere Aktivierung der Nomen, und zwar bei allen Zeitbereichen. Bei den Nomen sind vor allem zentrale, posteriore Bereiche im Gehirn aktiviert. Im Zeitbereich von 300-400ms ist im Vergleich zu den anderen beiden Zeitbereichen die stärkste Aktivierung zu beobachten, vor allem in der zentralen, posterioren Region der linken Hemisphäre. Bei den Verben zeigt sich im Vergleich zu den Nomen bei allen Zeitbereichen etwas weniger Aktivierung. Topographisch breitet sich die Aktivierung vom zentralen, posterioren Bereich der rechten Hemisphäre (170-220ms) auf die linke Hemisphäre (300-400ms) aus. Im späteren Zeitbereich von 400-500ms geht die Aktivierung wieder mehr vom posterioren Bereich auf zentrale und anteriore Regionen beider Hemisphären über.

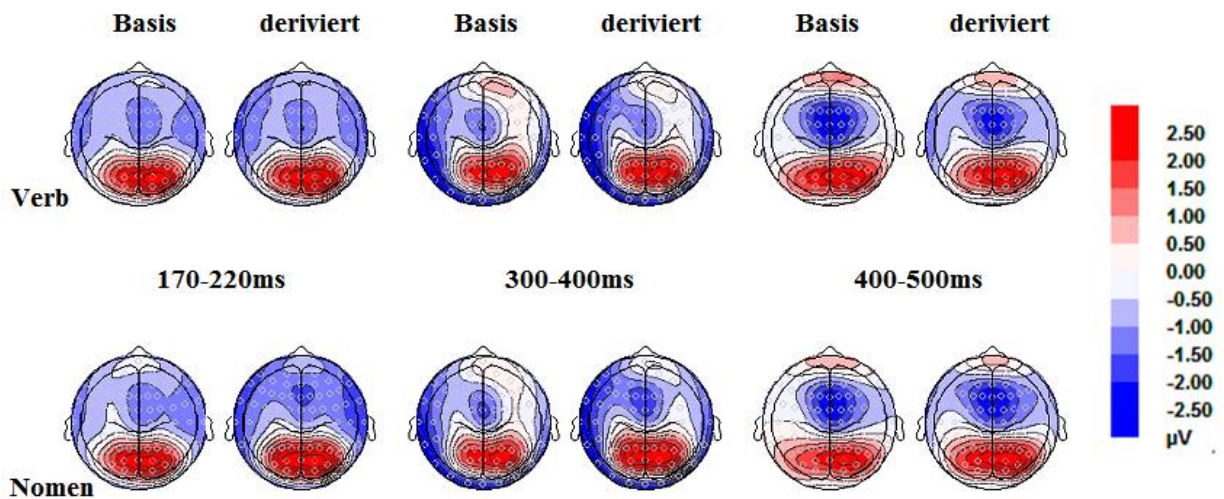


Abbildung 20: Topographie der Aktivierung von Basisverben im Vergleich zu derivierten Verben (obere Reihe) und von Basisnomen im Vergleich zu derivierten Nomen (untere Reihe) für Umlaut für die mittleren Amplituden in den Zeitbereichen 170-220ms (linke Spalte), 300-400ms (mittlere Spalte), 400-500ms (rechte Spalte).

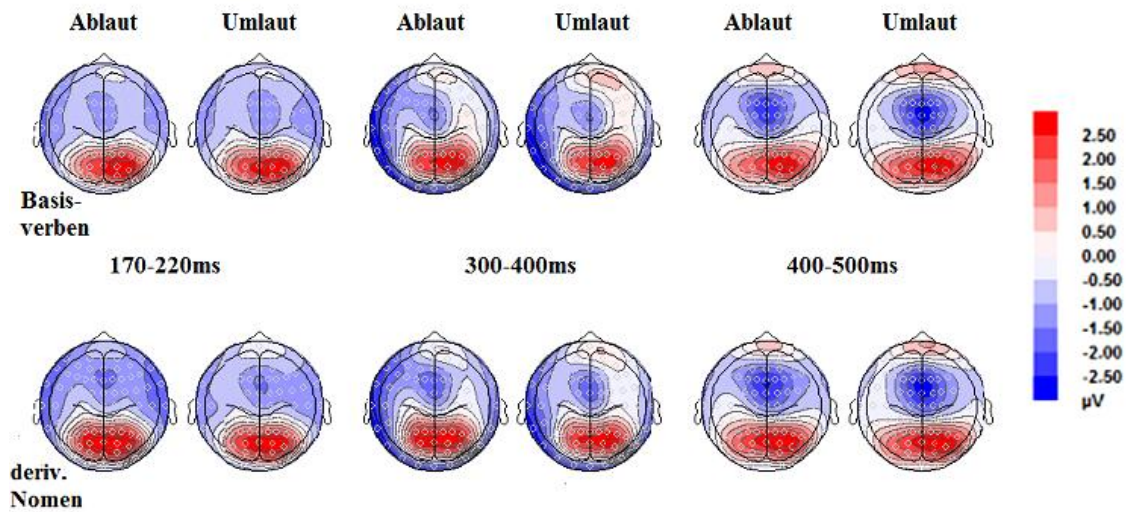


Abbildung 21: Topographie der Aktivierung von Basisverben (obere Reihe) im Vergleich zu derivierten Nomen (untere Reihe) für Umlaut und Ablaut für die mittleren Amplituden in den Zeitbereichen 170-220ms (linke Spalte), 300-400ms (mittlere Spalte), 400-500ms (rechte Spalte).

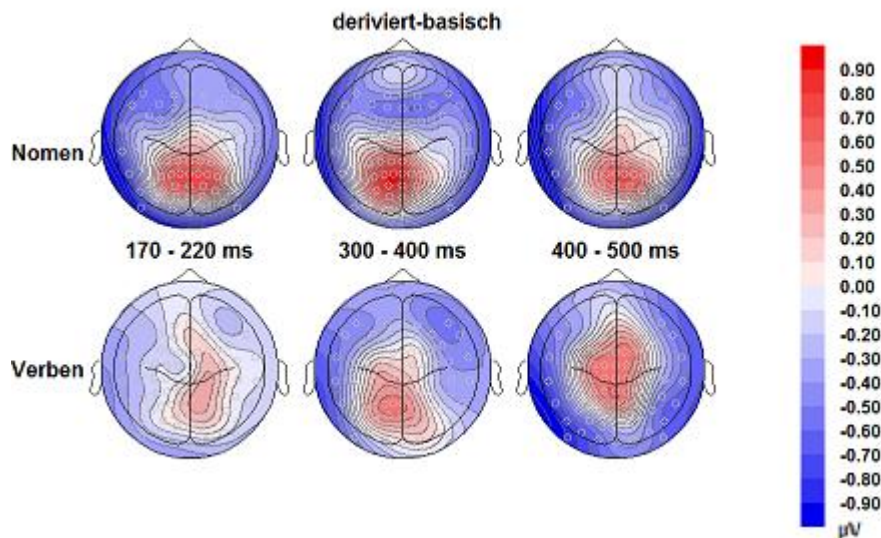


Abbildung 22: Differenztopographie der Aktivierung für Nomen (obere Reihe) und Verben (untere Reihe) (deriviert- basisch) für die mittleren Amplituden in den Zeitbereichen 170-220ms (linke Spalte), 300-400ms (mittlere Spalte), 400-500ms (rechte Spalte).

Statistische Analyse

Aufgrund der visuellen Inspektion der EKPs in BESA (Scherg et al. 1996) und anhand der Schaubilder der 12 verschiedenen Elektrodensets, wurden fünf Zeitbereiche (170-220ms, 300-400ms, 400-500ms, 500-600ms und 600-800ms) für die statistische Analyse verwendet.

Für das erste Elektrodenset, welches schon in Experiment eins verwendet wurde (Tabelle 10), finden sich für die zwei früheren Zeitbereiche (170-220ms, 300-400ms) nur Haupteffekte der *Lateralität* und *Anterior-Posterior*, und in der Interaktion findet nur eine Kombination der *Wortklasse* mit *Lateralität*, der *Derivationsrichtung* mit *Lateralität* bzw. *Derivationsrichtung* mit *Anterior-Posterior* statt. Dies verdeutlicht, dass sich die Verarbeitung der Wortklassen bzw. der Derivationsrichtungen entlang der beiden Hemisphären bzw. der anterior-posterior Dimension im Gehirn unterscheidet. Eine Interaktion der *Derivationsrichtung* mit der *Wortklasse* gibt es allerdings über alle Zeitbereiche hinweg nicht. In dem späteren Zeitbereich, nach 400ms, gibt es einen Haupteffekt der *Derivationsrichtung*, was das oben beobachtete, abgestufte Muster nach basischen vs. derivierten Stimuli bestätigt. In den zwei späteren Zeitbereichen finden sich wiederum nur Effekte der *Lateralität* und *Anterior-Posterior*.

Wegen der umfangreichen statistischen Tabellen werden, im Hinblick auf die Hypothese, im Folgenden nur relevante Interaktionen mit der Derivationsrichtung und/oder Wortklasse berichtet. Alle signifikanten Interaktionen sind in den unteren Tabellen aufgelistet.

Tabelle 10: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen mit Umlaut für 12 Elektroden: F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O10

	170 - 220 ms		300 - 400 ms		400 - 500 ms		500 - 600 ms		600 - 800 ms	
Haupteffekte	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Deriv.richt.					6,48	<.05				
Wortkl.										
Lat.	7,98	<.01	4,66	<.05					7,62	<.01
Ant.-Post.			6,68	<.01	5,80	<.05	9,84	<.01	13,42	<.001
Interaktion										
Deriv.richt.*Lat			4,63	<.05	3,38	<.05				
Deriv.richt.*Ant.-Post.			3,95	<.05						
Wortkl.*Lat.	5,26	<.05								
Lat.*Ant.-Post.	18,40	<.001	14,82	<.001	10,10	<.001	7,17	<.01	8,69	<.001
Deriv.richt.*Lat.*Ant.-Post.			2,55	<.05						
Deriv.richt.=Derivationsrichtung, Wortkl.=Wortklasse, Lat.= Lateralität, Ant.-Post.= Anterior-Posterior,										

Für das zweite Elektrodenset für die zwölf hinteren Elektroden P6, P4, P04, P08, P010, O2, P3, P5, P03, P07, P09, O1 für die Umlautpaare (Tabelle 11) ist in allen Zeitbereichen, außer im Zeitbereich 600-800ms, der Haupteffekt *Elektrode* zu finden. Der Haupteffekt *Derivationsrichtung* zeigt sich ausschließlich im Zeitbereich 170-220ms, ebenso wie die Interaktion der *Wortklasse* mit *Elektrode*. Die *Derivationsrichtung* interagiert mit *Elektrode* in den Zeitbereichen 170-220ms, 300-400ms, 400-500ms und 600-800ms.

Tabelle 11: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen mit Umlaut für 12 hintere Elektroden mit dem Faktor Elektrode (P6, P4, P04, P08, P010, O2, P3, P5, P03, P07, P09, O1)

	170 - 220ms		300 - 400ms		400 - 500ms		500 - 600ms		600 - 800ms	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Haupteffekte										
Deriv.richt.	4,44	<.05								
Wortkl.										
Elek.	11,48	<.001	25,03	<.001	5,38	<.001	16,27	<.001	23,19	<.001
Interaktion										
Deriv.richt.*Elek.	4,49	<.05	4,21	<.05	7,21	<.01			3,95	<.05
Wortkl.*Elek.	5,99	<.01								

Deriv.richt.=Derivationsrichtung, Wortkl.=Wortklasse, Elek.= Elektrode,

In der statistischen Analyse für ausgewählte vier Elektroden F6, O10, F5, O9 (Tabelle 12) zeigen sich für alle Zeitbereiche (170-220ms, 300-400ms und 400-500ms) keine Interaktionen. In allen Zeitbereichen gibt es den Haupteffekt *Derivationsrichtung*. Die anderen Haupteffekte zeigen sich jeweils nur in einem Zeitbereich, im Bereich 170-220ms die *Wortklasse*, im Zeitbereich 300-400ms die Haupteffekte *Lateralität* und *Anterior-Posterior*.

Tabelle 12: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen für drei ausgewählte Zeitfenster (170-220 ms, 300-400 ms und 400-500 ms) für die Bedingungen mit Umlaut für 4 Elektroden: F6, O10, F5, O9

	170 - 220 ms		300 - 400 ms		400 - 500 ms	
	F	p	F	p	F	p
Deriv.richt.	9,50	<.01	8,64	<.05	5,84	<.05
Wortkl.	5,07	<.05				
Lat.			12,87	<.05		
Ant.-Post.			6,56	<.05		
Interaktion						

Deriv.richt.=Derivationsrichtung, Wortkl.=Wortklasse, Lat.= Lateralität, Ant.-Post.= Anterior-Posterior,

Für ein zweites Set von vier Elektroden F6, CP6, F5, CP5 (Tabelle 13) zeigt sich für den Zeitbereich von 170-220ms ein Haupteffekt für *Anterior-Posterior* und eine Inter-

aktion der *Wortklasse* mit der *Lateralität*, was verdeutlicht, dass sich in diesem frühen Zeitbereich die zwei Wortklassen hinsichtlich ihrer rechts-links Verteilung im Gehirn unterscheiden. Im Zeitbereich von 300-400ms gibt es die Haupteffekte der *Derivationsrichtung* und der *Lateralität* sowie die Interaktionen der *Derivationsrichtung* mit dem Faktor *Anterior-Posterior* einerseits und mit den Faktoren *Lateralität* und *Anterior-Posterior* andererseits. Im späteren Zeitbereich von 400-500ms gibt es keine signifikanten Ergebnisse.

Tabelle 13: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen mit Umlaut für 4 Elektroden: F6, CP6, F5, CP5

Haupteffekte	170 - 220 ms		300 - 400 ms		400 - 500 ms	
	F	p	F	p	F	p
Deriv.richt.			7,65	<.05		
Wortkl.						
Lat.			33,27	<.001		
Ant.-Post.	5,18	<.05				
Interaktion						
Deriv.richt.*Ant.-Post.			5,24	<.05		
Wortkl.*Lat.	4,51	<.05				
Deriv.richt.*Lat.*Ant.-Post.			5,07	<.05		
Deriv.richt.=Derivationsrichtung, Wortkl.=Wortklasse, Lat.= Lateralität, Ant.-Post.= Anterior-Posterior,						

In einer zusätzlichen statistischen Analyse (Tabelle 14) wurden die Bedingungen Umlaut und Ablaut unter Regel 1: Basisverben Ablaut > derivierte Nomen Ablaut und unter Regel 2: Basisverben Umlaut > derivierte Nomen Umlaut ausgewertet, um die Werte von Ablaut und Umlaut vergleichen zu können, wieder für die zwölf repräsentativen Elektroden F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O1 und für die ausgewählten Zeitfenster von 170-220ms, 300-400ms, 400-500ms, 500-600ms und 600-800ms.

Die Tabelle zeigt für die Zeitbereiche von 170-220ms, 300-400ms, 500-600ms und 600-800ms einen Haupteffekt der *Lateralität* und für die Zeitbereiche von 300-400ms, 400-500ms, 500-600ms und 600-800ms einen Haupteffekt für *Anterior-Posterior*. Interaktionen gibt es für die *Wortklasse* mit *Lateralität* in den Zeitfenstern 170-220ms und 300-400ms, das heißt, dass sich die Wortklassen in diesen Zeitbereichen in ihrer rechts-links Verteilung unterscheiden. Die *Wortklasse* interagiert mit *Anterior-Posterior* im frühen Zeitbereich von 170-220ms. Der Faktor *Lateralität* interagiert mit dem Faktor *Anterior-Posterior* in allen Zeitbereichen. Die Interaktion *Wortklasse* mit *Lateralität* und *Anterior-Posterior* wird im Zeitbereich von 170-220ms und in den späteren Zeit-

fenstern von 500-600ms und 600-800ms signifikant. Der Faktor *Regel* interagiert mit der *Lateralität* im Zeitbereich von 500-600ms.

Tabelle 14: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen Umlaut und Ablaut unter Regel 1 (BVA > DNA: Derivationsrichtung Basisverben Ablaut > derivierte Nomen Ablaut) und Regel 2 (BVU > DNU: Derivationsrichtung Basisverben Umlaut > derivierte Nomen Umlaut) für 12 Elektroden: F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O1

	170 - 220 ms		300 - 400 ms		400 - 500 ms		500 -600 ms		600 - 800 ms	
Haupteffekte	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Wortkl.										
Lat.	7,17	<.01	4,52	<.05			7,14	<.01	8,69	<.01
Ant.-Post.			7,01	<.01	6,71	<.05	11,03	<.01	15,65	<.001
Regel										
Interaktion										
Wortkl.*Lat.	5,17	<.05	4,15	<.05						
Wortkl.*Ant.-Post.	3,26	<.05								
Lat.*Ant.-Post.	18,13	<.001	14,87	<.001	3,27	<.001	7,66	<.01	8,01	<.01
Regel*Lat.							4,51	<.05		
Wortkl.*Lat.*Ant.-Post.	4,64	<.01					6,50	<.001	4,17	<.01

Wortkl.=Wortklasse, Lat.= Lateralität, Ant.-Post.= Anterior-Posterior,

Tabelle 15 zeigt die statistische Analyse dieser Faktoren für das zweite Elektrodenset mit den zwölf hinteren Elektroden P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P3, P5, PO3, PO7, PO9, O1. Hier gibt es in den Zeitbereichen von 170-220ms, 300-400ms, 500-600ms und 600- 800ms einen Haupteffekt der *Wortklasse*. Der Haupteffekt der *Elektrode* zeigt sich in allen Zeitbereichen. Die *Wortklasse* interagiert mit *Elektrode* nur im Zeitbereich 170-220ms. Die Interaktion der *Wortklasse* mit *Elektrode* und *Regel* wird in den Zeitbereichen 170-220ms, 300-400ms und 400-500ms signifikant. In dieser statistischen Analyse sind es die Wortklassen, die sich unterscheiden und mit verschiedenen Faktoren interagieren.

Tabelle 15: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen der ausgewählten Zeitfenster für die Bedingungen Umlaut und Ablaut unter Regel 1 (BVA > DNA: Derivationsrichtung: Basisverben Ablaut > derivierte Nomen Ablaut) und Regel 2 (BVU > DNU: Derivationsrichtung Basisverben Umlaut > derivierte Nomen Umlaut) für 12 hintere Elektroden mit dem Faktor Elektrode: P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P3, P5, PO3, PO7, PO9, O1

	170 - 220ms		300 - 400ms		400 - 500ms		500 - 600ms		600 - 800ms	
Haupteffekte	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Deriv.richt.										
Wortkl.	5,67	<.05	6,70	<.05			4,85	<.05	5,78	<.05
Elek.	11,37	<.001	25,37	<.001	5,71	<.05	19,97	<.001	22,81	<.001
Regel										
Interaktion										
Wortkl.*Elek.	6,68	<.05								
Wortkl.*Elek.*Regel	4,12	<.05	3,69	<.05	5,86	<.01				

Deriv.richt. = Derivationsrichtung, Wortkl.=Wortklasse, Elek.= Elektrode

Aufgrund der Abweichungen der statistischen Ergebnisse aus Experiment zwei von den Ergebnissen aus Experiment eins wurde eine zusätzliche statistische Analyse durchgeführt (Tabelle 16), welche einen Vergleich der Ergebnisse aus Experiment eins mit denen von Experiment zwei ermöglichen soll. Dafür wurde der Zwischensubjektfaktor S, S1= Studie 1 (mit 25 Versuchspersonen) und S2 = Studie 2 (mit 16 Versuchspersonen), eingeführt. Die ausgewerteten Zeitbereiche sind, wie in Experiment eins: 280-320ms und 400-440ms. Zusätzlich wurde noch ein späteres Zeitfenster von 500-600ms ausgewertet.

Hier gibt es im Zeitbereich von 400-440ms einen Haupteffekt der *Derivationsrichtung*. Des Weiteren gibt es in den Zeitfenstern von 280-320ms und 500-600ms einen Haupteffekt der *Lateralität*. In allen drei Zeitbereichen gibt es zusätzlich einen Haupteffekt *Anterior-Posterior*. Im Zeitbereich von 400-440ms wird die Interaktion *Wortklasse* mit *Lateralität* signifikant. Auch die Interaktion der *Wortklasse* mit *Lateralität* und *Anterior-Posterior* sowie der *Wortklasse* mit *Lateralität* und *Studie* wird signifikant, was verdeutlicht, dass sich die Wortklassen hinsichtlich der rechts-links und vorne-hinten Unterteilung im Gehirn unterscheiden, und zusätzlich noch in Bezug auf die zwei Studien Unterschiede bestehen. Auch die relevante Interaktion *Derivationsrichtung* mit der *Wortklasse* wird mit dem Faktor *Anterior und Posterior* signifikant. Die *Derivationsrichtung* interagiert auch noch *Lateralität* und *Anterior-Posterior* in den Zeitfenstern 280-320ms und 400-440ms, das heißt, es gibt einen Unterschied der Derivationsrichtungen entlang der rechts-links und vorne-hinten Unterteilung im Gehirn. Im Gegensatz zu den bereits durchgeführten statistischen Analysen von Experiment zwei zeigt

sich durch das Hinzufügen des Zwischensubjektfaktors S1= Studie 1 wieder eine Signifikanz der Interaktion der *Derivationsrichtung* mit der *Wortklasse*.

Tabelle 16: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen für die Zeitbereiche aus Experiment 1 für einen Vergleich der Ergebnisse aus Experiment 1 und 2 (mit den Zwischensubjektfaktoren S1= 25 Versuchspersonen aus Experiment 1 und S2: 16 Versuchspersonen aus Experiment 2) für 12 Elektroden: F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O10

Haupteffekte	280 – 320 ms		400 – 440 ms		500 -600 ms	
	F	p	F	p	F	p
Deriv.richt.			4,91	<.05		
Wortkl.						
Lat.	23,28	<.001			16,09	<.001
Ant.-Post.	36,49	<.001	15,69	<.001	18,29	<.001
Studie						
Interaktionen						
Wortkl.*Lat.			4,78	<.05		
Lat.*Ant.-Post.	22,53	<.001	31,32	<.001		
Ant.-Post.*Studie	6,47	<.01				
Deriv.richt.*Wortkl.*Ant.-Post.			3,46	<.05		
Deriv.richt.*Lat.*Ant.-Post.	3,05	<.05	2,85	<.05		
Wortkl.*Lat.*Ant.-Post.			5,36	<.001		
Wortkl.*Lat.*Studie			3,09	<.05		
Lat.*Ant.-Post.*Studie	9,32	<.001				
Deriv.richt.=Derivationsrichtung, Wortkl.=Wortklasse, Lat.= Lateralität, Ant.-Post.= Anterior-Posterior,						

Die letzte Tabelle (Tabelle 17) führt nochmals eine statistische Analyse mit den Zeitbereichen aus Experiment eins (280-320ms, 400-440ms und 440-480ms) und noch zwei späteren Zeitfenstern (530-630ms und 550-650ms) durch, um zu überprüfen, ob mit den früher benutzten Zeitfenstern ähnliche Ergebnisse wie in Experiment eins erzielt werden können, und ob durch die Unterteilung des späteren Zeitbereichs eventuell spätere Effekte sichtbar werden. Die Analyse zeigt, dass es einen Haupteffekt der *Derivationsrichtung* in den Zeitfenstern 400-440ms und 440-480ms gibt, was den Unterschied zwischen Basis und deriviert in den Amplituden der Schaubilder reflektiert. Den Haupteffekt der *Lateralität* gibt es in den Zeitbereichen 280-320ms, 530-630ms und 550-650ms. Der Haupteffekt *Anterior-Posterior* wird in allen Zeitbereichen signifikant. Allerdings wird hier die Interaktion *Derivationsrichtung* mit *Lateralität* nur im Zeitbereich 440-480ms signifikant. Auch bei diesen, bereits in Experiment eins verwendeten Zeitfenstern, wird die Interaktion der *Derivationsrichtung* mit der *Wortklasse* nicht signifikant.

Tabelle 17: Statistische Analyse mit Haupteffekten und Interaktionen für die Zeitbereiche, die auch im ersten Experiment ausgewertet wurden, und zwei weitere Zeitfenster (530-630ms, 550-650ms) für die 12 ursprünglichen Elektroden: F5, Fz, F6, C3, Cz, C4, CP5, Pz, CP6, O9, Oz, O1

	280 - 320ms		400 - 440ms		440 - 480ms		530 - 630ms		550 - 650ms	
Haupteffekte	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Deriv.richt.			9,21	<.01	4,30	<.05				
Wortkl.										
Lat.	8,39	<.01					8,23	<.01	8,87	<.01
Ant.-Post.	22,64	<.001	6,05	<.05	5,45	<.05	13,46	<.001	15,53	<.001
Interaktionen										
Deriv.richt.*Lat.					3,47	<.05				
Lat.*Ant-Post.	15,44	<.001	11,60	<.001	9,53	<.001	7,66	<.01	8,04	<.01

Deriv.richt.=Derivationsrichtung, Wortkl.= Wortklasse, Lat.= Lateralität, Ant.-Post.= Anterior-Posterior

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Gegensatz zu Experiment 1 zeigt sich für den relevanten Zeitbereich nach 400ms, dass nicht die derivierten Nomen, sondern die Basisbedingungen die höchsten Amplituden aufweisen. Hier zeigt sich eine Unterteilung in Basisstimuli = höhere Amplituden und in derivierte Stimuli = geringere Amplituden. Das bedeutet: Eine Trennung verläuft in diesem Fall nach der Derivationsrichtung und nicht nach einer Interaktion der Derivationsrichtung mit der Wortklasse. Allerdings verläuft diese Trennung auch hier nicht nach dem Schema, dass komplexere bzw. markierte Muster (also derivierte Stimuli bzw. die Stimuli mit Umlaut) höhere Amplituden zeigen und dann erst die Basisstimuli folgen. Es sind vielmehr die Basisstimuli, also die Stimuli ohne Umlaut, welche die höchsten Amplituden aufweisen

Wenn man nun die Bedingungen mit Ablaut mit der einzigen Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen, äquivalent dazu, mit den Bedingungen mit Umlaut mit der Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen vergleicht, zeigt sich auch kein einheitliches Bild. Die bei Ablaut einzig vorkommende Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen wird im Gegensatz zu der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb und den Derivationsrichtungen mit Umlaut nicht klar anders verarbeitet. Auch in der Topographie lässt sich kein generelles Muster erkennen.

Im Folgenden sollen mögliche Erklärungen für die Ergebnisse von Experiment zwei diskutiert werden. Dabei sollen vor allem die Aspekte der Frequenz und der Phonologie als mögliche Einflussfaktoren diskutiert werden.

2.4.4. Diskussion

Das ursprüngliche Ziel, nämlich die Ausweitung bzw. Generalisierung der Ergebnisse aus Experiment eins auf auch andere Arten von Derivationen, konnte zumindest für den speziellen Fall der Derivationen mit Umlaut, nicht erfüllt werden. Sowohl die Schaubilder als auch die statistische Analyse haben gezeigt, dass sich die verschiedenen Bedingungen nicht wie in Experiment eins interpretieren lassen. Die Annahme, dass die weniger stabile Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen die höchsten Amplituden im N400 Bereich zeigt, und dies im Sinne von weniger effizienter Verarbeitung des Gehirns interpretiert werden kann, da höhere Amplituden auf einen höheren Arbeitsaufwand hinweisen, lässt sich nicht bestätigen.

Im Folgenden sollen mögliche Erklärungen für die Ergebnisse von Experiment zwei diskutiert werden. Dabei sollen vor allem die Aspekte der Frequenz und der Phonologie als mögliche Einflussfaktoren diskutiert werden.

Der Aspekt der Frequenz

Ein möglicher Einfluss der Frequenz auf die Ergebnisse beider Experimente wird diskutiert, wobei dieser Aspekt insbesondere auch als möglicher Einflussfaktor für die abweichenden Ergebnisse in Experiment zwei überprüft werden soll.

Die zugrunde liegenden Fragen, welche im folgenden Kapitel geklärt werden sollen sind:

1. Sind die berichteten Effekte der zugrunde liegenden Stabilität der Derivationsrichtung in Experiment eins mit Effekten der Frequenz konfundiert?
2. Kann das Ausbleiben eines Effektes in der zugrunde liegenden Stabilität der Derivationsrichtung in Experiment zwei durch eine andere Verteilung der Frequenz der Stimuli erklärt werden?

Im Folgenden wird als erstes eine kurze Übersicht über die theoretischen Erkenntnisse des Einflusses der Frequenz in der Literatur gegeben, bevor dann vor diesem Hintergrund der Einfluss der Frequenz auf die Ergebnisse der beiden Experimente geklärt werden soll.

In beiden Experimenten wurde die Frequenz so gut wie möglich kontrolliert. Die Frage die sogleich auftaucht, ist: Warum so gut wie möglich? Die Antwort ist in den Stimuli und dem Untersuchungsgegenstand selbst zu finden, den Derivationsrichtungen.

In den zwei Experimenten liegen beide Derivationsrichtungen vor, von Verb-zu-Nomen und von Nomen-zu-Verb. Die Hypothese ist, dass, wegen des zugrunde liegenden historischen Komplexitätsunterschiedes, die Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen die weniger stabile Richtung und die von Nomen-zu-Verb die stabilere Derivationsrichtung ist

In der Abbildung 23 sind die Unterschiede der Mittelwerte der Lemma-Frequenzen zwischen den einzelnen Bedingungen dargestellt. Für das Diagramm wurden die Mittelwerte der Lemma-Frequenzen (CELEX Datenbank) ausgewählt, da bei den verwendeten Stimuli die Wörter sowohl ihre Wortstämme und Wurzeln als auch den Großteil des semantischen Inhalts teilen. Aufgrund dessen ist in den Beispielen das beste Frequenzmaß nicht die Wortform-Frequenz, sondern die Lemma-Frequenz, welche die Unterschiede in der Frequenz zwischen den einzelnen Bedingungen am besten abbilden kann. Die Frequenzwerte von Lemma und Wortform sind im Anhang aufgelistet.

Bei der Auswahl der Stimuli wurde darauf geachtet, dass die Basisstimuli nicht immer die höher frequenten Stimuli sind. Ein Kriterium zur Bestimmung der Derivationsrichtung ist das Frequenzkriterium, welches besagt, dass das Wort mit der niedrigeren Frequenz als deriviert eingestuft wird. Die generelle Tendenz bei verschiedenen Derivationsrichtungen ist, dass die Basen höher frequent als ihre Derivate sind. Dies ist natürlich nicht immer der Fall, was die lange Liste der verschiedenen Kriterien zur Bestimmung der Derivationsrichtung zeigt. Wenn das Festlegen der Derivationsrichtung so einfach wäre, würde das Frequenzkriterium zur Bestimmung der Derivationsrichtung ausreichen und es würde zudem keine unklaren Derivationsrichtungen geben.

Aufgrund dieser generellen Tendenz und der geringen Auswahl von Konversionen mit klar zu bestimmenden Derivationsrichtungen, musste bei der Untersuchung der Hypothese die Eigenschaft der generellen Tendenz einer höheren Frequenz von Basisstimuli in Kauf genommen werden. Obwohl die Frequenzen der Stimuli insgesamt balanciert waren, stellt sich die Frage, ob es gewisse Seiteneffekte der Frequenz auf die erzielten Ergebnisse gegeben hat.

Wie die Diskussion der ersten Untersuchungsfrage im folgenden Abschnitt zeigt, ist die Frequenz keine Erklärung der Ergebnisse von Experiment eins. Außerdem war es in diesem Fall, gerade für die kritische Derivationsrichtung von Verben zu Nomen, für die derivierten Nomen gelungen, die Frequenzen möglichst gut mit denen der Basisverben und Basisnomen zu matchen.

Einen Unterschied in der Frequenz gibt es bei den derivierten Verben. Allerdings müsste für die Interpretation der Ergebnisse auch bei Einbeziehung dieses Unterschiedes ein anderes Ergebnis herauskommen. Diese Argumentationslinie wird im unteren Abschnitt weiter ausgeführt.

Der Frequenzeffekt ist ein bekannter Effekt (Rubinstein, Garfield & Millikan 1970, Solomon & Postman 1952). Er resultiert aus der Beobachtung, dass Versuchspersonen normalerweise mehr Zeit und mehr Informationen in Reaktionszeitexperimenten benötigen, um auf seltene Wörter (mit niedrigerer Frequenz) zu antworten, im Gegensatz zu weniger Zeit und weniger Informationen, die benötigt werden um auf häufige Wörter (mit höherer Frequenz) zu antworten.

Auch bei EEG Untersuchungen dokumentieren eine Reihe von Studien einen Frequenzeffekt, der sich darin zeigt, dass höhere Frequenzen mit geringeren EKP Amplituden und geringere Frequenzen mit höheren EKP Amplituden verbunden sind. Dieser Effekt wird mit dem höheren Arbeitsaufwand des Gehirns bei der Verarbeitung von Wörtern mit geringerer Frequenz, und somit von seltenen Wörtern, erklärt (Rugg 1990, Van Petten & Kutas 1990, Polich et al. 1988, Brown et al. 1999, Assadollahi & Pulvermüller 2001).

Wie in Kapitel 1.3 der Dissertation dargelegt wird, kann auch dieser Effekt der Frequenz als effizientes Verarbeitungsprinzip des menschlichen Gehirns gewertet werden (siehe auch Rugg 1990: „The frequency with which a word occurs in the language is a powerful determinant of the efficiency of its processing in a range of laboratory tasks - Die Frequenz mit der ein Wort in der Sprache verbunden ist, ist eine starke Determinante ihrer Verarbeitungseffizienz in einer Reihe von experimentellen Aufgaben“). Diese Ansicht entspricht auch der Argumentationslinie der hier diskutierten Experimente: Geringere Amplituden (bei Wörtern mit höherer Frequenz) spiegeln den geringeren Arbeitsaufwand des Gehirns bei der Verarbeitung dieser Stimuli wider, während höhere Amplituden (bei Wörtern mit niedriger Frequenz) auch den höheren Arbeitsaufwand des Gehirns bei der Verarbeitung dieser Stimuli widerspiegeln.

Es stellen sich nun zwei Fragen:

1. Was bedeuten diese Erkenntnisse in Bezug auf die den Experimenten zugrunde liegenden Stimuli und die Ergebnisse?
2. Muss die Frage, ob die berichteten Effekte der zugrundeliegenden Stabilität der Derivationsrichtung in Experiment eins eigentlich Frequenzeffekte sind, mit ja beantwortet werden?

Abbildung 23 zeigt die Mittelwerte der Lemma-Frequenzen für alle Bedingungen in Form eines Säulendiagramms.

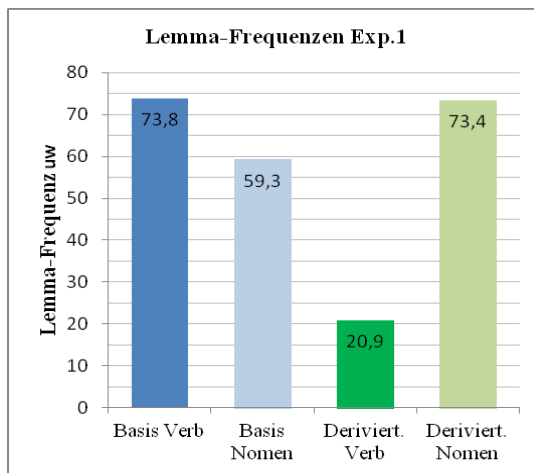


Abbildung 23: Verteilung der Lemma-Frequenzen (Mittelwerte) Experiment 1

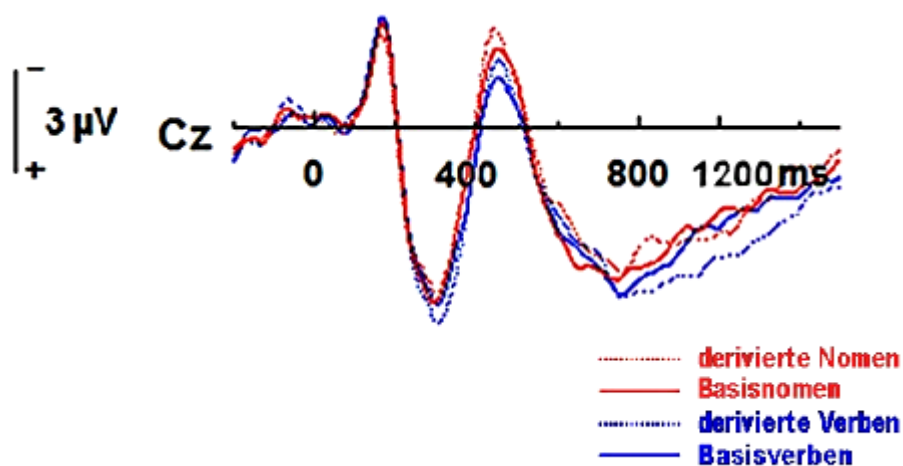


Abbildung 24: Cz Elektrode Experiment 1

Wenn man der Argumentation folgt, dass die Effekte eigentlich Frequenzeffekte sind, müsste das Ergebnis, dass die weniger stabile Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen mit den höchsten Amplituden verbunden ist, der geringeren Frequenz dieser Bedingung im Gegensatz zu den anderen Bedingungen zuzuschreiben sein.

Wie die Abbildung 23 zeigt, ist dies aber nicht der Fall. Die Stimuli der Bedingung derivierte Nomen und die Stimuli der Bedingung Basisverben sind die Bedingungen mit den höchsten Frequenzen. Danach folgt die Bedingung Basisnomen und zuletzt die Bedingung derivierte Verben mit den niedrigsten Frequenzen. Das bedeutet, in den EKPs müssten die Amplituden, wenn sie der Frequenz folgen würden, in einer Rangfolge von hoch zu niedrig folgendermaßen sein: Derivierte Verben – Basisnomen - dann erst die beiden anderen Bedingungen.

Wie der Ausschnitt der EKPs der Cz Elektrode (Abbildung 24) zeigt, verhalten sich die Amplituden der verschiedenen Bedingungen aber nicht parallel zu ihren Frequenzen, was z.B. höhere Amplituden für die derivierten Verben, aufgrund ihrer niedrigen Frequenz, bedeuten würde, sondern die Aktivität der derivierten Verben ist näher an der Aktivität von Basisverben, welche mit die höchsten Frequenzen haben.

Um einen Vergleich von zwei Bedingungen und der Signifikanz des Unterschieds der Größe der Messwerte, in unserem Fall in der Frequenz, zu bekommen, wurde der U-Test von Mann & Whitney für jede mögliche Kombination von zwei Bedingungen durchgeführt.

Die Ergebnisse des U-Tests zeigen, dass innerhalb der Verben der Vergleich von Basisverben (Mittelwert der Lemma-Frequenzen: 73,8) mit den derivierten Verben (Mittelwert der Lemma-Frequenzen: 21,0) und der Vergleich von Basisnomen (Mittelwert der Lemma-Frequenzen: 59,3) mit derivierten Verben (Mittelwert der Lemma-Frequenzen: 21,0) signifikant werden. Alle anderen möglichen Kombinationen werden nicht signifikant. Aber auch diese Ergebnisse lassen keinen Zusammenhang der Unterschiede in den Amplituden von Experiment eins mit Unterschieden in den Frequenzen zwischen den Bedingungen erkennen. Die ausführlichen Ergebnisse aller getesteten Kombinationen sind im Anhang unter 4.2. vorhanden.

Dass die Unterschiede in den Amplituden der verschiedenen Bedingungen sich nicht durch die Unterschiede in den Frequenzen erklären lassen, sondern durch den Unterschied zwischen weniger stabiler vs. stabilerer Derivationsrichtung, unterstützt nur un-

sere Hypothese, dass es tatsächlich der Unterschied in der diachron motivierten, zugrundeliegenden Stabilität der Derivationsrichtungen ist, der in diesem Fall unterschiedlich effizient vom Gehirn verarbeitet wird.

Doch wie sieht das für Experiment zwei aus, bei dem nicht dieselben Ergebnisse wie in Experiment eins erzielt werden konnten und der Generalisierungsversuch unserer Hypothese nicht unterstützt wurde? Muss in diesem Fall die Frage, ob das Ausbleiben eines Effektes in der zugrunde liegenden Stabilität der Derivationsrichtung in Experiment zwei durch eine andere Verteilung der Frequenz der Stimuli erklärt werden kann, mit ja beantwortet werden?

In Abbildung 25 ist die Verteilung der Mittelwerte der Lemma-Frequenzen für die Bedingungen für Experiment zwei dargestellt.

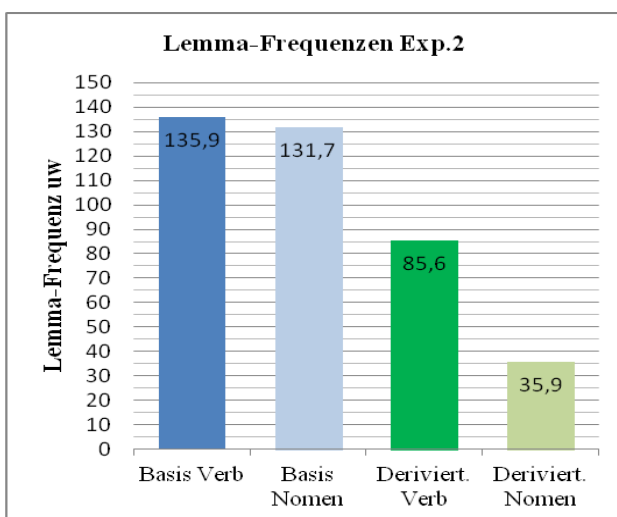


Abbildung 25: Verteilung der Lemma-Frequenzen (Mittelwerte) Experiment 2

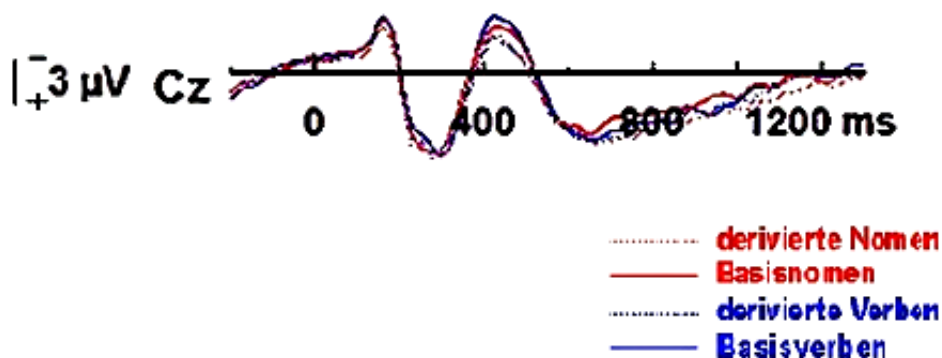


Abbildung 26: Cz Elektrode Experiment 2 für Umlaut

Im Gegensatz zu den Frequenzen der Stimuli aus Experiment eins zeigt die Abbildung 25, dass es hier die Bedingung der derivierten Nomen ist, die die niedrigsten Frequenzen aufweist, gefolgt von den derivierten Verben und dann von den Basisnomen und Basisverben. Das bedeutet: Wenn der Unterschied in der Höhe der Amplituden durch den Unterschied in den Frequenzen zu erklären ist, müsste es die Bedingung derivierten Nomen sein, welche die höchsten Amplituden aufweist. In diesem Fall müsste also, wenn man von einem Einfluss der Frequenz ausgeht, unsere Hypothese von der höchsten Amplitude für derivierte Nomen durch die Amplituden der EKPs von Experiment zwei noch zusätzlich unterstützt werden.

Wie der Ausschnitt der EKPs für die Cz Elektrode (Abb.26) zeigt, ist dies aber nicht der Fall. Auch hier verläuft der Unterschied in der Höhe der Amplituden nicht parallel zum Unterschied in der Frequenz. Die höchsten Amplituden weisen, generell gesehen, die Basisnomen auf, gefolgt von den Basisverben, dann den derivierten Nomen und Verben. Ein Unterschied zeigt sich zwischen Basiswörtern, die höhere Amplituden haben, und derivierten Wörtern, die geringere Amplituden aufweisen.

In Bezug auf die Frequenz verlaufen die Amplituden konträr zur Frequenz, da die hochfrequenten Stimuli die höchsten Amplituden aufweisen und nicht, wie es nach dem Frequenzeffekt sein müsste, die niederfrequenten Stimuli.

Für Experiment zwei wurde für Umlaut wieder der U-Test von Mann & Whitney für jede mögliche Kombination von zwei Bedingungen durchgeführt. Signifikant wurde dabei der Vergleich zwischen Basisverben und derivierten Nomen und, innerhalb der Wortklasse der Nomen, der Vergleich zwischen Basisnomen und derivierten Nomen. . Allerdings können auch die Ergebnisse des Mann-Whitney Tests nicht erklären warum in Experiment zwei andere Ergebnisse als in Experiment eins erzielt wurden. Wie bereits erwähnt, würde der Frequenzunterschied eher ein Ergebnis wie in Experiment eins unterstützen, mit den höchsten Amplituden für die derivierten Nomen (= geringste Frequenzen) und geringste Amplituden für die Basisverben (=höchste Frequenzen).

Auch bei den signifikant gewordenen Bedingungen für die Nomen müsste es, wenn man einen Frequenzeinfluss unterstellt, höhere Amplituden für die derivierten Nomen geben und geringere Amplituden für die Basisnomen, aber das Gegenteil ist der Fall. Alle anderen möglichen Kombinationen der Bedingungen wurden nicht signifikant. Die Ergebnisse aller getesteten Kombinationen sind im Anhang unter 4.4. aufgeführt.

Das bedeutet, dass die zweite Untersuchungsfrage verneint werden muss: Die Unterschiede in den Frequenzen sind auch keine Erklärung für die Ergebnisse von Experiment zwei.

Eine weitere Unterstützung der Annahme, dass beide Ergebnisse nicht durch Frequenzeffekte erklärt werden können, ist der Zeitbereich, in dem überwiegend Frequenzeffekte gefunden werden. Es sind klare Unterschiede zwischen den Bedingungen nach 400ms, also im Bereich der N400 zu finden. Dies unterstützt die Ausgangshypothese der Dissertation, dass der Zeitbereich der N400 besonders sensibel für die untersuchten Unterschiede in der Stabilität der Derivationsrichtung ist (siehe Kapitel 1.6.).

In der Literatur über Effekte der Frequenz wurden zwar auch Frequenzeffekte ab 300ms gefunden (siehe Polich et al. 1988, Rugg 1990, Van Petten & Kutas 1990, Assadollahi et al. 2001b, Hauk et al. 2004). Allerdings wird in der Mehrzahl der Studien von Frequenzeffekten in früheren Zeitbereichen berichtet (siehe Sereno et al. 1998 (schon bei 132ms), Assadollahi et al. 2001a; Hauk et al. 2004) und des Weiteren Frequenzeffekte ab 300ms äußerst selten gefunden (siehe Smith et al., 1987; Sereno et al., 1998, Brown et al. 1999; King & Kutas 1998, Embick et al. 2001, Assadollahi et al. 2001b, Hauk et al. 2004).

Im folgenden Kapitel soll ein möglicher Einfluss der Phonologie auf die Ergebnisse von Experiment zwei diskutiert werden.

Der Einfluss der Phonologie

Ein Unterschied zwischen den Stimuli von Experiment eins und Experiment zwei ist der Unterschied in der phonologischen Struktur zwischen Basisformen und derivierten Formen. In Experiment eins wurden Konversionen untersucht, bei denen der Derivationsprozess nicht durch einen Wechsel in der Oberflächenstruktur oder in der phonologischen Form stattfindet. In Experiment zwei hingegen wurde der Derivationsprozess bei Umlaut und Ablaut untersucht, der Derivationsprozess verläuft also parallel zu einem Wechsel in der phonologischen Form. Vom Nomen ‚der Damm‘ wird z.B. das Verb ‚dämmen‘ deriviert, d.h. es findet durch den Prozess der Umlautbildung auch eine Erhöhung des Vokals a zu ä statt.

Genauso verhält es sich in der umgekehrten Derivationsrichtung: Vom Verb ‚backen‘ wird das Nomen ‚der Bäcker‘ deriviert, der Derivationsprozess findet somit ebenfalls

parallel zum einem Wechsel der phonologischen Form statt. Da bei Experiment zwei also zusätzlich zum Derivationsprozess noch der phonologische Prozess der Umlautbildung bzw. Ablautbildung hinzukommt, wird die Frage eines Einfluss dieses phonologischen Prozesses auf die Ergebnisse in Experiment zwei diskutiert.

In der Literatur über den Einfluss der Phonologie auf die visuelle Verarbeitung komplexer Wörter ist relativ wenig zu finden, da ein Einfluss der Phonologie auf die Wortverarbeitung oder Satzverarbeitung typischerweise in der auditorischen Modalität untersucht wurde und wird (u.a. D'Arcy et al. 2004, Connolly et al. 2001, Connolly et al. 1992).

Eine Komponente, die vergleichbar mit der N400 Komponente ist und phonologisches Verarbeiten reflektiert, ist die PMN (*Phonological Mismatch Negativity*). Connolly et al. (1992) beobachteten in Experimenten über die N400 finaler Wörter von kontextuell niedrig beschränkten Wörtern in gesprochenen Sätzen eine negative Reaktion, die der N400 vorangeht. Diese Komponente erschien für viele experimentelle Bedingungen sensibel, für die auch die N400 sensibel ist (siehe auch Connolly et al. 1990). In der Studie konnte erfolgreich demonstriert werden, dass die PMN unabhängig von der N400 ist und Prozesse reflektiert, welche, aufgrund der kontextuellen Beschränkung eines Satzes sensibel auf das unerwartete Auftauchen eines initialen Phonems in einem Wort reagieren.

In einer weiteren Studie von Connolly et al. (1995) sollte überprüft werden, ob die PMN modalitätsspezifisch ist, also nur bei auditiver Verarbeitung auftaucht oder auch bei visueller Verarbeitung beobachtet werden kann. Die Resultate dieser Studie konnten für die visuelle Verarbeitung keine Komponente finden, die mit der PMN während der auditiven Verarbeitung vergleichbar ist. Dies führte bei Connolly et al. zu dem Schluss, dass die PMN eine modalitätsspezifische Komponente der Sprachverarbeitung ist.

Trotz der Ansicht, dass die PMN modalitätsspezifisch ist, wurden die Ergebnisse von Experiment zwei nochmals dahingehend überprüft, ob vielleicht in diesem Fall eine phonologische Komponente beobachtet werden kann, aufgrund derer der Generalisierungsversuch in Experiment zwei fehlgeschlagen ist. Dies soll auch vor dem Hintergrund anderer Erkenntnisse des Einflusses von phonologischer Information während der visuellen Verarbeitung diskutiert werden.

Eine Untersuchung des Arabischen von Bentin & McCarthy (1994) unterstützt z.B. die Ansicht, dass phonologische Information während der visuellen Wortverarbeitung automatisch analysiert wird (siehe auch Perfetti & Bell 1991), und dass die phonologische Struktur von geschriebenen Wörtern vom Leser durchaus während der Worterkennung genutzt wird.

Die Schaubilder der EKPs (Abb. 13-18) zeigen aber auch unter dem Gesichtspunkt einer phonologischen Interpretation keine eindeutigen Hinweise. Vor 400ms, also in dem Zeitbereich, in dem normalerweise eine phonologische Komponente der Verarbeitung gefunden wurde, zeigen sich keine klaren Unterschiede zwischen den Bedingungen. Nach 400ms zeigt sich zwar kein generelles Muster, aber an einzelnen Elektroden (C3, Cz, CP5, F5) ist für das erste Elektrodenset erkennbar, dass die Basisverben im Gegensatz zu den anderen Bedingungen die höchsten Amplituden aufweisen. Inwiefern kann dies ein Hinweis auf die Verarbeitung phonologischer Information sein?

Die Basisverben, welche bei den oben genannten Elektroden die klar höchsten Amplituden aufweisen, haben keinen Umlaut. Demzufolge ist es nicht die stärkere phonologische Markierung, die für die höheren Amplituden verantwortlich ist. Es sind gerade die derivierten Bedingungen, welche Umlaut aufweisen, die im Vergleich zu den Basisbedingungen die geringeren Amplituden haben.

Eine Möglichkeit der Interpretation der Ergebnisse ist, dass die höheren Amplituden bei einzelnen Elektroden für die Basisverben im Rahmen des dekompositionalen Ansatzes erklärt werden können. Die höheren Amplituden für die Basisverben (z.B. ‚back+en‘) werden aufgrund der Tatsache erklärt, dass während der Verarbeitung die Basisverben automatisch in Stamm + Affixe zerlegt werden, die Verarbeitung dauert in diesem Fall länger, und es ist eine höhere mentale Anstrengung damit verbunden.

In Experiment eins konnte aber ein solcher Einfluss dekompositionaler Verarbeitung nicht gefunden werden, obwohl auch hier Basisverben und derivierte Verben verwendet wurden, welche in Stämme + Affixe zerlegt werden können (z.B. ‚fisch+en‘ und ‚lauf+en‘). Diese weisen aber nicht die höchsten Amplituden auf, sondern hier wird der Unterschied in der diachronen Stabilität der Derivationsrichtungen verarbeitet. Dies weist nun eher darauf hin, dass auch in Experiment zwei die höheren Amplituden der Basisverben nicht durch deren Zerlegung in Stamm + Affixe erklärt werden kann.

Die Ergebnisse für Umlaut und Ablaut zeigen ebenfalls kein klares Bild. Die einzelnen Bedingungen liegen sehr nah beieinander, nur bei einzelnen Elektroden, wie der Fz, Cz und C4 zeigen sich etwas höhere Amplituden für die derivierten Nomen mit Ablaut. Die Verarbeitung der derivierten Nomen mit Ablaut ist also aufgrund der Markierung als derivierte Stimuli und der Stammalternation schwieriger, was sich gut in unsere Hypothese einfügen würde. Allerdings ist dieses Muster, wie gesagt, nur an einzelnen Elektroden erkennbar, wodurch eine generelle Interpretation erschwert wird.

Ein Vergleich zwischen den Stimuli aus Experiment eins und Experiment zwei zeigt aber, dass ein Unterschied in der Komplexität zwischen den Derivationsrichtungen von Experiment eins und zwischen den Derivationsrichtungen von Experiment zwei vorliegt. Auf grunddessen muss die Möglichkeit diskutiert werden, dass die Komplexität der Derivationsprozesse auch untereinander nicht gleich ist und deshalb zwei unterschiedliche Prozesse abgebildet werden.

In Experiment zwei liegt im Grunde, abgesehen von der phonologischen Alternation, ein Konversionsprozess wie bei Experiment eins vor. Das Nomen ‚der Damm‘, z.B., wird durch Hinzufügen des Infinitivmorphems –en zu dem Verb ‚dämmen‘ deriviert. Parallel zur Hinzufügung des Affixes findet eine phonologische Stammänderung durch die Umlautbildung statt. Das heißt, bis auf die phonologische Stammalternation, welche auch visuell einen Wechsel in der Oberflächenform darstellt, ist der Prozess derselbe wie der Prozess der Konversion von Nomen-zu-Verb in Experiment eins.

Ein anderer Fall liegt aber bei der umgekehrten Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen vor. Hier durchläuft der Stamm eines Verb, wie z.B. ‚backen‘ durch den Derivationsprozess ebenfalls eine phonologische Stammalternation aufgrund der Umlautbildung, allerdings kommt hier zusätzlich noch der Prozess der Nominalisierung (Nomen: ‚der Bäcker‘) hinzu. Das ursprüngliche Affix –en wird durch die Nominalisierung zum Affix –er. Die Derivationsprozesse sind folglich in Experiment zwei für die beiden Derivationsrichtungen nicht von derselben Komplexität, sondern haben eine unterschiedliche Komplexität, bzw. es sind verschiedene Prozesse die hier, stattfinden. Zusätzlich unterliegt bei den meisten Beispielen (in 15 von 18 Beispielen) in der Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen noch ein Ableitungsschritt, was den Derivationsprozess dieser Derivationsrichtung im Vergleich zu der umgekehrten Derivationsrichtung ebenfalls komplexer macht (z.B. ‚tanzen‘- ‚der Tanz‘- ‚der Tänzer‘: hier unterliegen zwei Ableitungsschritte, im Gegensatz zu ‚backen‘- ‚der Bäcker‘).

Es muss jedoch festgehalten werden, dass sich dieser Komplexitätsunterschied zwischen den Derivationsrichtungen nicht in den Ergebnissen widerspiegelt. Hier wurde ein Unterschied zwischen Basisstimuli und derivierten Stimuli gefunden und nicht, wie man nach dem Unterschied in der Komplexität erwarten würde, zwischen derivierten Nomen und derivierten Verben. Dennoch kann dieser Komplexitätsunterschied zwischen den Derivationsrichtungen natürlich in der Hinsicht einen Einfluss auf die Verarbeitung gehabt haben, dass durch die vielen, zusätzlichen Einflüsse in einer Derivationsrichtung (zwei Ableitungsschritte, phonologische Stammalternation + Nominalisierung) der Einfluss der zugrundeliegenden diachronen Asymmetrie in der Verarbeitung gar nicht mehr evident wird, sondern andere Unterschiede zwischen den Derivationsrichtungen verarbeitet werden, bzw. in der Verarbeitung dominanter sind als der Unterschied in der Diachronie der Derivationsprozesse.

Generell muss festgehalten werden, dass eine PMN oder der PMN vergleichbare phonologische Komponente in Experiment zwei nicht erkennbar ist. Auch eine Interpretation, welche die Hypothese der effizienteren bzw. weniger effizienten Verarbeitung phonologischer Stimuli unterstützen würde, lässt sich nicht vornehmen. Allerdings spaltet sich der Unterschied in den EKPS zwischen den Bedingungen entlang des visuell sichtbaren, phonologischen Unterschieds auf, was darauf hindeutet, dass die phonologische Markierung durchaus einen Einfluss auf die Verarbeitung der Stimuli hat.

Dieser Punkt wird in Kapitel 3.2 der allgemeinen Diskussion nochmals aufgegriffen.

3. Allgemeine Diskussion

Zwei linguistische Beobachtungen sprachlicher Phänomene bildeten den Ausgangspunkt der zentralen Hypothese dieser Dissertation. Einmal ist das die Beobachtung, dass bei Derivationsprozessen ursprüngliche Basisverben im Verlauf der Sprachentwicklung sehr oft als Basisnomen reanalysiert werden, von denen dann wiederum Verben deriviert werden. Umgekehrt bleiben ursprüngliche Basisnomen im Verlauf der Sprachentwicklung meistens auch Basisnomen und werden nur äußerst selten als Basisverben reanalysiert.

Bei beiden Derivationsrichtungen werden produktiv neue, morphologische Wörter gebildet, doch bei der Derivationsrichtung Nomen-zu-Verb findet parallel zur Neubildung oftmals auch ein Sprachwandel statt, während bei der Derivationsrichtung Verb-zu-Nomen kein Sprachwandel vorliegt, bzw. nur in seltenen Fällen. Aufgrund dieser Asymmetrien in der Diachronie von Derivationsrichtungen wurde die zentrale Hypothese aufgestellt, dass, vor dem Hintergrund der Annahme eines generellen Effizienzprinzips als Verarbeitungsmechanismus im Gehirn, die stabilere Nomen-zu-Verb Derivationsrichtung vom Gehirn einfacher verarbeitet wird, während die weniger stabile Verb-zu-Nomen Derivationsrichtung vom Gehirn schwieriger verarbeitet wird. Die Experimente überprüfen diese zentrale Hypothese anhand zweier unterschiedlicher Typen von Derivationsprozessen.

Im Folgenden werden eine Zusammenfassung und eine kritische Auseinandersetzung mit den Hauptergebnissen präsentiert. Alternative Erklärungsansätze werden diskutiert und letztendlich eine Einordnung der Ergebnisse in den heutigen Stand der Forschung gegeben.

3.1. Die Unterschiedliche Effizienz der Verarbeitung von Nomen-zu-Verb und Verb-zu-Nomen Konversionen

In Experiment eins konnte erfolgreich demonstriert werden, dass die diachronen Asymmetrien zwischen den Derivationsrichtungen von Konversionen tatsächlich unterschiedlich effizient verarbeitet werden. Im Zeitbereich der N400 zeigen sich in den EKPs höhere Amplituden für die derivierten Nomen, während die derivierten Verben näher an der Aktivität von Basisverben liegen. Die Ergebnisse decken sich folglich mit

den Annahmen der zentralen Hypothese, dass die weniger stabile Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen mit höheren Amplituden in den EKPs verbunden ist, was die schwierigere neuronale Verarbeitung (langsamer und höhere mentale Anstrengung) dieser Derivationsrichtung reflektiert. Die derivierten Verben zeigen geringere Amplituden und die Aktivität liegt, hier aufgrund der höheren Stabilität dieser Derivationsrichtung und der damit verbundenen einfacheren neuronalen Verarbeitung (schneller und weniger mentale Anstrengung), näher an der Aktivität der Basisstimuli.

Damit fügt sich diese Studie gut in anderen Studien ein, welche ebenfalls demonstrieren konnten, dass das Gehirn unterschiedlich stabile bzw. komplexe Stimuli auch unterschiedlich effizient verarbeitet. Wie in Kapitel 1.3. der Dissertation dargestellt, konnte dieses Effizienzprinzip neuronaler Verarbeitung anhand unterschiedlicher Untersuchungsmethoden und verschiedener Untersuchungsgegenständen sprachlicher Phänomene demonstriert werden.

Vor allem Studien (Longtin 2005, Marslen-Wilson 2008, McKinnon 2003, Dominguez 2004, Lavirc 2007, Morris 2008, Devlin 2004, Bozic 2013, Münte 1999, Tyler 2002a, 2002b, 2005) welche morphologische Sprachverarbeitung (morphologisches priming, reguläre vs. irreguläre Flexion, die Aktivierung von Gehirnregionen von morphologisch verbundenen vs. unverbundenen Wörtern) untersucht haben, wurden dabei diskutiert, aber auch Studien, die Unterschiede in der Effizienz der sprachlichen Verarbeitung anhand von Frequenzeffekten nachgewiesen haben (Rugg 1990, Van Petten & Kutas 1990, Polich et al. 1988, Brown et al. 1999, Assadollahi & Pulvermüller 2001).

Ebenso sind Studien, welche gezeigt haben, dass der Erkennung von Sprachlauten und der Zuordnung von Sprachlauten zur Bedeutung unterschiedlich effiziente Verarbeitungsmechanismen unterliegen, Beispiele für eine effiziente neuronale Verarbeitung, die sich nicht auf bestimmte Untersuchungsgegenstände oder Untersuchungsmethoden festlegen lässt, sondern als generelles Prinzip der Sprachverarbeitung im Gehirn verankert ist (Marslen-Wilson 1984, Zhuang 2011).

Inwiefern heben sich unsere Erkenntnisse der unterschiedlich effizienten Verarbeitung diachron motivierter Unterschiede in der Stabilität von Derivationsrichtungen von den bisherigen Erkenntnissen der Sprachverarbeitung ab?

Das Neue an dieser Studie ist die Erkenntnis, dass auch subtile diachrone Unterschiede zwischen Wörtern empirisch nachweisbar sind. Dies muss vor dem Hintergrund der Forschung über Sprachgeschichte und den Sprachwandel gesehen werden.

Die Erforschung der Wortbildung an sich ist, wie Plank schon 1981 festgestellt hat, ein Ort von „Irregularitäten“, da die Wortbildung in einer viel intimeren Beziehung zum Lexikon steht, als z.B. die Satzbildung, und das Lexikon als ein Ort von Irregularitäten gilt. Eine Aufstellung von generellen Regeln aufgrund der synchronen oder auch diachronen linguistischen Analyse ist deshalb schwierig. Hier liegt auch das Potenzial, das in der Verbindung von theoretischer Linguistik und der neuronalen Überprüfung dieser theoretischen Erkenntnisse liegt.

Gerade subtile und diachron motivierte Annahmen über linguistische Phänomene werden mit Hilfe der neurolinguistischen Methoden überprüfbar.

Historische Stabilitäten bzw. Instabilitäten morphologischer Prozesse konnten erfolgreich in der neuronalen Sprachverarbeitung nachgewiesen werden. Nach bisherigem Kenntnisstand wurden in der Dissertation zum ersten Mal diachrone Asymmetrien innerhalb eines morphologischen Prozess untersucht und empirisch überprüft.

In zwei Studien, eine für das Deutsche und eine für das Englische, wurden schon Nachweise erbracht, dass auch nicht oberflächlich markierte, morphologische Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung unterschiedlich effizient verarbeitet werden (siehe Meinzer et al. 2009 und Pliatsikas et al. 2013). In dem aktuellen Beispiel der Dissertation sind es, zusätzlich zu nicht oberflächlich markierten morphologischen Unterschieden, Unterschiede, deren Ursprung außerhalb des synchronen Rahmens liegt. Ohne die diachrone Betrachtung und vor allem ohne den stattfindenden Sprachwandel in einer Derivationsrichtung wäre der Effizienzunterschied in der neuronalen Verarbeitung nicht erklärbar. Dies unterstreicht die Tatsache, dass in der Sprachverarbeitung vielfältige, auch subtile und nicht nur synchrone Einflüsse beachtet werden müssen.

Für die Sprachverarbeitung ist das ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn für zukünftige Studien, da nachgewiesen werden konnte, dass nicht nur nicht-oberflächlich markierte, morphologische Eigenschaften unterschiedlich effizient verarbeitet werden, sondern zusätzlich auch morphologische Unterschiede, die sich nicht anhand der synchronen Betrachtung von Sprache erklären lassen. Sie sind nur diachron erklärbar, und somit müs -

sen sprachgeschichtliche Erkenntnisse und ihre Einflüsse auf die Sprachverarbeitung in Modelle der Sprachverarbeitung mit einbezogen werden.

3.2. Unterschiedliche Effizienz der Verarbeitung von Derivationen mit phonologischer Modifikation

Aufgrund der Ergebnisse von Experiment zwei muss bei der Hypothese der effizienten Verarbeitung von Derivationsrichtungen mit unterschiedlich diachron motivierter Stabilität eine Einschränkung gemacht werden. Da in Experiment zwei die Stimuli mit Umlaut und Ablaut, also Stimuli mit phonologischer Veränderung, nicht parallel zu ihrer diachronen Asymmetrie in den Derivationsrichtungen verarbeitet wurden, muss die zentrale Hypothese auch in ihrer Generalität eingegrenzt werden.

Es scheint so, als ob subtile Unterschiede von morphologisch komplexen Wörtern, deren Unterschiede in der diachronen Entwicklung der Sprache zu finden sind, für die Reflektion dieser Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung relativ pure Stimuli erfordern.

Das bedeutet, dass im Fall von Konversionen, die keine phonologische Veränderung zwischen den Stimuli aufweisen, diese diachronen Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung beobachtet werden können. Sobald aber parallel zu den Asymmetrien eine phonologische Veränderung wie in Experiment zwei bei der Verarbeitung von Derivationen mit Umlaut und Ablaut hinzukommt, scheinen andere Einflussfaktoren diese diachronen Unterschiede zu überlagern.

Eine Möglichkeit, welche bereits in Kapitel 2.5. diskutiert wurde, ist der Einfluss der unterschiedlichen Komplexität des Derivationsprozesses zwischen den Derivationsrichtungen auf die Ergebnisse in Experiment zwei. Es kann sein, dass für die Derivationen mit Umlaut diese zusätzlichen Unterschiede in der Komplexität verhindern, dass der zugrundeliegende diachrone Unterschied evident wird, oder dass der diachrone Unterschied nicht evident werden kann, da in diesem Fall zwei unterschiedliche Derivationsprozesse abgebildet werden.

Andere Einflussfaktoren, wie der Einfluss der Frequenz, konnten ausgeschlossen werden (siehe Kapitel 2.4.). Die Diskussion des Einflusses der Phonologie (Kapitel 2.5.) konnte anhand der nochmaligen Überprüfung der Ergebnisse von Experiment zwei keinen klaren Einfluss der Phonologie nach einer Einteilung der unterschiedlich effizienten

Verarbeitung für die Ergebnisse verantwortlich machen. Allerdings sind mögliche Einflüsse der phonologischen Verarbeitung vielfältig.

Eine Möglichkeit ist, dass in Experiment eins die Stimuli aufgrund ihrer oberflächlichen Kohärenz (Verben: Stamm + –en-Endung; Nomen: gleicher Stamm + Großschreibung) auch als ein ganzes Set verarbeitet werden. Oberflächliche Eigenschaften sind relativ gleich, so dass diachrone Unterschiede (die diachron motivierten Asymmetrien der Derivationsrichtungen) evident werden und vom Gehirn unterschiedlich effizient verarbeitet werden.

Bei Experiment zwei sind die Stimuli hingegen aufgrund ihres oberflächlichen Unterschiedes in der Phonologie (Verben: Stammalternation + –en-Endung; Nomen: Stammalternation + Großschreibung) weniger kohärent. Das bedeutet, dass schon auf visueller Ebene vielfältige Eigenschaften die Verarbeitung beeinflussen und verhindern, dass diachrone, subtilere Unterschiede vom Gehirn verarbeitet werden.

Dieser Einfluss der oberflächlichen phonologischen Unterschiede spiegelt sich auch in den EKPs von Experiment zwei wider. Eine Trennung in der Verarbeitung der Stimuli verläuft hier parallel zu den oberflächlichen phonologischen Unterschieden (Basisstimuli: Stimuli ohne phonologische Modifikation = höhere Amplituden vs. derivierte Stimuli: Stimuli mit phonologischer Markierung = geringere Amplituden). Dies ist ein Hinweis darauf, dass das Gehirn in diesem Fall nicht die zugrunde liegenden Asymmetrien der Derivationsrichtungen verarbeitet hat, sondern die Unterschiede in der phonologischen Oberflächenform der Stimuli verarbeitet wurden.

Es scheint also naheliegend, anzunehmen, dass die neuronale Verarbeitung sprachlicher Stimuli und ihre unterschiedlich effiziente Verarbeitung hierarchisch organisiert sind. Hierarchisch in dem Sinn, dass subtile Unterschiede, wie die diachron motivierten Asymmetrien zwischen Derivationsrichtungen, auch unterschiedlich effizient verarbeitet werden, wenn der Einfluss anderer Eigenschaften aufgrund der Auswahl der Stimuli relativ gering ist. Sobald neben diesen subtilen Eigenschaften andere, weniger subtile Eigenschaften einen Einfluss haben, werden diese feingliedrigeren Eigenschaften unterdrückt.

Einflüsse von offensichtlicheren Eigenschaften haben also in der neuronalen Verarbeitung Vorrang vor weniger offensichtlichen, mehr zugrunde liegenden Eigenschaften sprachlicher Phänomene. Nichtsdestotrotz konnte erfolgreich demonstriert werden, dass

solche subtilen diachron motivierten Asymmetrien zwischen Derivationsrichtungen, solange sie nicht von anderen Einflüssen überlagert werden, auch unterschiedlich effizient vom Gehirn verarbeitet werden.

Theoretische Erkenntnisse der Sprachgeschichte können somit empirisch überprüft und gegebenenfalls verifiziert werden und gleichzeitig wurden neue Forschungsfragen über die Kovariation von phonologischen und morphologischen Faktoren in der Sprachverarbeitung eröffnet.

3.3. Auswirkungen für Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung

Fragen, die im Folgenden diskutiert werden, sind, welche Auswirkungen bzw. welchen Einfluss die Ergebnisse der aktuellen Dissertation auf Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung haben.

Spezifisch soll der Frage nachgegangen werden, welche Annahmen von existierenden Modellen morphologischer Sprachverarbeitung durch die aktuellen Erkenntnisse zusätzlich unterstützt werden und welche nicht. Wie schon in der Einleitung bei der Vorstellung verschiedener Modelle der morphologischen Sprachverarbeitung diskutiert, lassen sich die aktuellen Ergebnisse am besten in Modelle einfügen, die folgende Punkte unterstützen:

1. Morphologische Beziehungen sind in irgendeiner Form explizit kodiert, oder den morphologischen Eigenschaften von Wörtern und ihrer Analyse wird eine selbstständige Rolle in der Sprachverarbeitung zugewiesen.
2. Es wird davon ausgegangen, dass direktionale Derivationen existieren. Es gibt folglich auch Unterschiede zwischen den Derivationsrichtungen.
3. Ein kategorieller Ansatz der Verarbeitung von grammatischer Information bzw. von Wortklassen wird abgelehnt. Es wird ein nicht-kategorieller Ansatz der Verarbeitung von grammatischer Information unterstützt.

Anhand dieser drei zentralen Punkte, soll im Folgenden diskutiert werden, wie ein Modell der Sprachverarbeitung am Beispiel der Verarbeitung von unterschiedlich stabilen Derivationsrichtungen aussehen könnte.

Aufgrund des ersten Punktes können Modelle, die von einer ganzen Wortverarbeitung ausgehen, und konnektionistische Modelle als Grundlage für die Erkenntnisse aus dieser

Studie ausgeschlossen werden. Sowohl in Modellen der ganzen Wortverarbeitung als auch in konnektionistischen Modellen wird der morphologischen Analyse entweder gar keine oder eine nur untergeordnete Rolle zugewiesen (siehe auch Kapitel 1.2).

Bei der Verarbeitung von Konversionen und ihren zugrunde liegenden unterschiedlich stabilen Derivationsrichtungen konnte gezeigt werden, dass dieser Stabilitätsunterschied zwischen den morphologischen Beziehungen auch neuronal unterschiedlich effizient verarbeitet wird. Folglich muss in diesem Fall postuliert werden, dass diese nicht-offensichtlich markierten, morphologischen Eigenschaften tatsächlich einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Sprachverarbeitung haben. Dies gibt einen Hinweis auf einen gewissen selbstständigen Status der morphologischen Analyse auf die Sprachverarbeitung.

Der zweite Punkt schließt des Weiteren Modelle aus, die die Annahmen eines distribuellen morphologischen Ansatzes unterstützen. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass Unterschiede zwischen den Derivationsrichtungen verarbeitet werden, was klar gegen einen distribuierten Ansatz morphologischer Sprachverarbeitung spricht. Nach der fundamentalen Annahme des distribuierten Ansatzes, dass es keine direktionalen Derivationen gibt, dürfte auch kein Unterschied, der parallel zu dem Unterschied zwischen den Derivationsrichtungen verläuft, in der neuronalen Verarbeitung zu sehen sein.

Der dritte Punkt, der einen nicht-kategoriellen Ansatz der Verarbeitung grammatischer Information unterstützt und einen kategoriellen Ansatz ablehnt, lässt sich gut anhand der vorgestellten Ergebnisse und den daraus gewonnenen, unterschiedlichen Schlussfolgerungen festmachen.

Sowohl in den Ergebnissen von Experiment eins als auch in den Ergebnissen von Experiment zwei, welche beide die Verarbeitung von Wortklassen mit ihren unterschiedlichen Derivationsrichtungen untersuchen, lassen sich keine Hinweise dafür finden, dass sich ein Unterschied entlang der Wortklassengrenze Nomen vs. Verben festmachen lässt.

In Experiment eins ist es die Interaktion der Wortklasse mit der Derivationsrichtung, welche die unterschiedliche effiziente Verarbeitung im Gehirn widerspiegelt. In Experiment zwei ist es hingegen der Unterschied in der Derivationsrichtung, auf der einen Seite Basisstimuli und auf der anderen Seite derivierte Stimuli, in dem sich der Unterschied in der Effizienz der neuronalen Verarbeitung widerspiegelt. Sowohl in der Topo-

graphie von Experiment eins als auch von Experiment zwei konnten keine Hinweise dafür gefunden werden, dass die beiden Wortklassen in verschiedenen Gehirnregionen verarbeitet werden.

Die Ergebnisse lassen sich hingegen gut in die zentralen Annahmen eines nicht-kategoriellen Ansatzes der Verarbeitung von grammatischer Information einfügen. Die zentrale Annahme des nicht-kategoriellen Ansatzes ist, dass dasselbe geteilte neuronale Netzwerk in den Integrationsprozessen sowohl bei Verben als auch bei Nomen, beteiligt ist. Doch das Ausmaß, mit dem das Netzwerk beteiligt ist, hängt von der Verarbeitungskomplexität und den Anforderungen der involvierten Wortklassen ab.

In Experiment eins ist die Verarbeitungskomplexität einer Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen, wegen des häufig stattfindenden, zugrunde liegenden Sprachwandels, höher als die Verarbeitungskomplexität der anderen Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb. Dadurch werden derivierte Nomen im Gegensatz zu derivierten Verben schwieriger verarbeitet, was sich anhand der höheren Amplituden der derivierten Nomen und der geringeren Amplituden der derivierten Verben zeigt. Das bedeutet: In diesem Fall wird der zugrunde liegende Stabilitätsunterschied zwischen den Derivationsrichtungen evident und resultiert in einer unterschiedlichen, neuronalen Verarbeitung. Auch in der Topographie der Differenz von Experiment eins zeigt sich, dass bei derivierten Nomen, im Gegensatz zu den anderen Bedingungen, mehr Gehirnregionen bei der Verarbeitung aktiviert sind.

In Experiment zwei ist die Verarbeitungskomplexität der Nomen und Verben hingegen eine andere. Der phonologische Unterschied während der Verarbeitung der Derivationsrichtungen wird evident, da hier Basisstimuli (ohne Umlaut, also ohne phonologische Markierung) höhere Amplituden als die derivierten Stimuli (mit Umlaut, also mit phonologischer Markierung) aufweisen. Das bedeutet, dass in diesem konkreten Fall den phonologischen Anforderungen eine höhere Gewichtung in der Verarbeitung gegeben wird, und dadurch der zugrunde liegende Unterschied in der Stabilität der Derivationsrichtungen überlagert wird.

Die Frage, warum gerade die Basisstimuli ohne Umlaut mit einer höheren Verarbeitungskomplexität verbunden sind, wurde schon in der Diskussion der Ergebnisse von Experiment zwei adressiert und konnte nicht abschließend geklärt werden (Kapitel 2.5. und die Diskussion der Frage nach einer Zerlegung in Stamm + Affixe der Basisverben

und durch diese dekompositionale Anforderung eine höhere Verarbeitungskomplexität). Eine Interpretationsmöglichkeit ist, dass der Komplexitätsunterschied zwischen den Derivationsrichtungen dafür verantwortlich ist, und dadurch andere Einflüsse verarbeitet werden oder sogar die Möglichkeit in Betracht gezogen werden muss, dass eventuell nicht ein Prozess, sondern zwei verschiedene Prozesse abgebildet werden (siehe Kapitel 2.5.).

Abschließend muss festgehalten werden, dass sich die Erkenntnisse der Dissertation am besten in ein hierarchisches, Nicht-Kategorielles Modell der morphologischen Sprachverarbeitung einfügen lassen.

Wenn bestimmte diachron motivierte Komplexitätsunterschiede morphologischer Derivationsrichtungen nicht von anderen Einflüssen überlagert werden, werden diese Unterschiede auch in der neuronalen Verarbeitung sichtbar und unterschiedlich effizient verarbeitet. Wenn die Stimuli sich aber, vor allem bei der visuellen Wortverarbeitung, auch schon oberflächlich in bestimmten linguistischen Faktoren unterscheiden, wie im Experiment zwei in phonologischen Faktoren, und dann noch zusätzlich in der Komplexität des Derivationsprozesses, werden die zugrunde liegenden Stabilitätsunterschiede zwischen den Derivationsrichtungen überlagert und in der neuronalen Verarbeitung nicht mehr evident.

Bei relativ reinen und oberflächlich kohärenten Stimuli, wie im Fall von Konversionen, konnte aber erfolgreich demonstriert werden, dass auch subtile, diachrone Unterschiede in der neuronalen Sprachverarbeitung reflektiert werden. In dieser Verknüpfung theoretischer sprachgeschichtlicher Erkenntnisse mit neurolinguistischer Forschung liegt ein vielversprechendes Potenzial für die zukünftige Forschung sprachgeschichtlicher Phänomene.

Im letzten Kapitel soll ein Ausblick für zukünftige Forschungen gegeben werden, vor allem die Bedeutung der Ergebnisse als Grundlage für zukünftige Forschungsfragen der morphologischen Linguistik und ihrer Sprachverarbeitung soll hervorgehoben werden.

Außerdem werden alternative Untersuchungsmethoden für den vorliegenden Forschungsgegenstand der sprachlichen Verarbeitung von Derivationsrichtungen präsentiert.

3.4. Ausblick und alternative Forschungsmethoden

In der vorliegenden Dissertation wurden erfolgreich, und zum ersten Mal in dieser Form, bestimmte Parameter in der neuronalen Sprachverarbeitung untersucht, entlang derer sich morphologische Strukturen und Prozesse unterscheiden, und zwar von einer historischen Sprachentwicklungsstufe zu einer anderen.

Damit konnte gezeigt werden, dass Erkenntnisse der beschreibenden und theoretischen, linguistischen Literatur tatsächlich auch in der neuronalen Verarbeitung nachzuweisen sind. Diese Erkenntnisse, dass auch subtile diachron motivierte, auf den ersten Blick oberflächlich nicht erkennbare Unterschiede in der morphologischen Komplexität Unterschiede bei der Verarbeitung in der Gehirnaktivität evozieren, bedeuten einen wichtigen Schritt hin zur Beantwortung der generellen Frage, wie morphologische Systeme repräsentiert sind, und wie morphologische Konstruktionen im Gehirn verarbeitet werden. Was die diachron beschreibende Ebene von morphologischen Konstruktionen und Systemen betrifft, ist das ein großer Erkenntnisgewinn. Bisher konzentrierte sich die neuronale Erforschung vor allem auf die Frage, ob morphologisch komplexe Wörter bei der Speicherung in Stamm und Affix zerlegt oder als ganze Wörter gespeichert werden, und auf die Frage nach dem Einfluss von Semantik und Form auf Dekompositionsprozesse.

Wie kann dieser Nachweis von Effekten diachroner Stabilität auf Verarbeitungsunterschiede im Gehirn in der zukünftigen Forschung als Grundlage für weitere wichtige Erkenntnisse dienen? Welche morphologischen Konstruktionen können in einem nächsten Schritt, aufbauend auf den aktuellen Ergebnissen für Konversionsprozesse, untersucht werden?

Ein morphologischer Prozess, welcher in der theoretischen Linguistik, vor allem bei der Diskussion über die Festlegung von Derivationsrichtungen, immer wieder adressiert wird, sind unklare Derivationsrichtungen. Bestimmte Derivationen lassen sich auch anhand der Kriterien zur Bestimmung von Derivationsrichtungen nicht klar als basisch oder deriviert einordnen. Beispiele hierfür wären das Nomen ‚Hass‘ und das korrespondierende Verb ‚hassen‘. Ist ‚Hass‘ ein Basisnomen oder von dem Verb ‚hassen‘ deriviert? Die theoretische Linguistik konnte und kann diese Frage nicht klar beantworten. Der vorliegende Nachweis der neuronalen Verarbeitung von Konversionen und deren Reflektion der zugrunde liegenden diachronen Unterschiede in der unterschiedlich effi-

zienten Verarbeitung vom Gehirn kann nun als Ausgangspunkt für die Untersuchung unklarer Derivationsrichtungen genommen werden. Ein Ergebnis, welches ebenfalls neuronale Unterschiede in der Verarbeitung zwischen den Wortklassen mit unklarer Derivationsrichtung zeigt, kann den entscheidenden Hinweis für die Einordnung der Wortklassen in basisch oder deriviert geben und letztendlich die Derivationsrichtung bestimmen.

Andere zukünftige Forschungsfragen, die sich aufgrund der aktuellen Ergebnisse stellen, ist die Frage, bei welchen Fällen von Derivationen die subtilen diachronen Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung reflektiert werden, und die Frage, welche Parameter erklären können, warum bei anderen Fällen von Derivationen diese Unterschiede nicht reflektiert werden.

In Experiment zwei konnten für Derivationsprozesse mit Umlaut und Ablaut keine neuronalen Unterschiede gefunden werden, welche diese Stabilitätsunterschiede in Form einer Interaktion der Wortklasse mit der Derivationsrichtung widerspiegeln. Ob tatsächlich der Einfluss der Phonologie eine entscheidende Rolle spielt, müsste in weiteren Studien überprüft werden. Würde die Überprüfung der Verarbeitung von Stimuli mit phonologischen Unterschieden andere Komplexitätsunterschiede in der neuronalen Verarbeitung überlagern? Dies würde auch weitere Diskussionsmöglichkeiten für Fragen nach dem Zusammenspiel von phonologischen und morphologischen Faktoren und ihren Rollen in der Sprachverarbeitung eröffnen und gegebenenfalls Antworten geben können.

Andere zukünftige Forschungsfragen wären Fragen nach der neuronalen Verarbeitung diachroner subtiler Unterschiede in anderen Sprachen. Spezifisch die Frage danach, ob sich das aktuelle Ergebnis auf die deutsche Sprache beschränkt, oder ob diese unterschiedlich effiziente Verarbeitung diachroner Stabilitätsunterschiede ein generelles Prinzip für viele, möglicherweise sogar für alle Sprachen der Welt ist.

Interessant wäre es zum Beispiel eine Sprache, wie die türkische Sprache zu untersuchen bei der Vokalharmonie vorkommt und die Frage, wie der phonologische Prozess der Vokalharmonie unter den Annahmen einer effizienteren Verarbeitung bestimmter Stabilitätsmuster im Gehirn verarbeitet wird.

Eine Variante der Möglichkeit, die Ergebnisse unter anderen experimentellen Designs zu überprüfen, wurde im Rahmen eines Seminars für Studierende mit der Überprüfung

der Verarbeitung der Stimuli auf einer „Einzelwortbasis“ mit dem RSVP (= Rapid Serial Visual Presentation) Design, schon getestet. Die Studierenden bekamen durch ihre Mitarbeit an Experimentgestaltung und Durchführung Credits. Die RSVP Präsentationstechnik erlaubt es, durch kurze Präsentationszeiten von Wörtern (im vorliegenden Experiment sah eine Versuchsperson 4 Wörter in einer Sekunde) eine hohe Anzahl von Stimuli testen zu können, was zu einem besseren Signal-Rausch-Verhältnis¹⁴ mit gleichzeitig kürzeren Untersuchungszeiten führt. Rubin und Turano zeigten schon 1992 in ihrer Studie, dass Teilnehmer unter der RSVP Präsentationstechnik dazu fähig waren, 1100 Wörter in einer Minute zu lesen und zu verstehen.

In unserem Fall war der Leitgedanke für diese Idee einer neuen Präsentationstechnik die Tatsache, dass es bei Konversionen sehr schwierig ist, genug Stimuli zu finden, die die Anforderungen der vergleichbaren Frequenz der Wortpaare und klar zu bestimmender Derivationsrichtung erfüllen. Unter dem RSVP Design ist es möglich, durch viele Wiederholungen auch eine ursprünglich geringere Anzahl von Stimuli durch Experimente überprüfbar zu machen. Zusätzlich sollte überprüft werden, ob morphologische Verarbeitungsunterschiede, die diachron motiviert sind, auch unter frühen und automatischen Aspekten der Wortverarbeitung sichtbar werden.

Da der Effekt der Frequenz in früheren Studien unter dem RSVP Design (siehe u.a. Assadollahi & Pulvermüller 2003, Paul 2005) schon nachgewiesen werden konnte, wurden als zusätzlichen Kontrollfaktor die Stimuli in ein Set von hochfrequenten vs. niederfrequenten Stimuli unterteilt. Insgesamt umfasste das Stimulusmaterial drei hochfrequente Nomen-Verb Paare mit der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb und drei hochfrequente Verb-Nomen Paare mit der Derivationsrichtung Verb-zu-Nomen. Außerdem drei niederfrequente Nomen-Verb Paare mit der Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb und drei niederfrequente Verb-Nomen Paare mit der Derivationsrichtung Verb-zu-Nomen. Dazu wurden jeweils zwölf Nicht-Wörter (jeweils äquivalent zu den sechs Nomen-Verb und sechs Verb-Nomen Wortpaaren), die durch Austauschen weniger Buchstaben stark an die tatsächlichen Wörter angelehnt waren, eingeführt. Die Nicht-Wörter waren alle phonotaktisch legal. Die Wortpaare wurden als hochfrequent eingestuft, wenn zumindest ein Wort des Paares eine Lemma-Frequenz von über 100 hatte

¹⁴ ist ein Maß für die technische Qualität eines Nutzsymbols (z. B. Sprache), das von einem Rauschsignal überlagert ist. Es ist definiert als das Verhältnis der mittleren Leistung des Nutzsymbols zur mittleren Rauschleistung des Störsymbols.

und als niederfrequent, wenn zumindest ein Wort des Paares eine Lemma-Frequenz von unter 40 hatte (die Frequenzen wurden aus der German CELEX Datenbank übernommen).

Durch das Durchführen eines semantischen Assoziationstests wurde sichergestellt, dass die Wortpaare nur eine dominante Bedeutung hatten und alle semantisch verbunden waren.

Getestet wurden insgesamt 24 Wörter und 24 Nicht-Wörter (siehe Anhang 4.5). Diese wurden 150mal in einer randomisierten Reihenfolge wiederholt. Dies resultierte in 3600 Wörtern und 3600 Nicht-Wörtern, insgesamt wurden in diesem Experiment 7200 Stimuli getestet. Die Präsentationsrate betrug 250ms, d.h. jedes Wort war für 250ms auf dem Bildschirm sichtbar. Folglich sah jede Versuchsperson vier Wörter in einer Sekunde.

In der statistischen Analyse wurde eine ANOVA Messwiederholung mit den fünf Faktoren Wortklasse (Nomen vs. Verben), Derivationsrichtung (Nomen-zu-Verb vs. Verb-zu-Nomen), Frequenz (hochfrequent vs. niederfrequent), Lateralität (linke vs. mittlere vs. rechte Elektrodengruppen) und Anterior-Posterior Verteilung (vier Level von der Vorderseite bis zur Hinterseite des Kopfes) durchgeführt.

Im Folgenden werden nur die im Hinblick auf die Hypothese relevanten, signifikanten Haupteffekte und Interaktionen aufgeführt.

Eine erste Analyse wurde mit dem, auch in den vorherigen Experimenten verwendeten, repräsentativen Elektrodenset von 12 Elektroden F5, C3, CP5, 09, Fz, Cz, Pz, Oz, F6, C4, CP6, O10 durchgeführt.

Hier wurden die Haupteffekte *Wortklasse* sowie *Frequenz* im Zeitbereich von 300-400ms signifikant. Eine Interaktion der *Derivationsrichtung* mit *Wortklasse* und *Frequenz* zeigte sich nur im Zeitbereich 200-300ms.

Da die visuelle Wortverarbeitung untersucht wird, wurde in einer zweiten Analyse ein repräsentatives Elektrodenset von 12 hinteren Elektroden P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P3, P5, PO3, PO7, PO9, O1 ausgewählt, die vor allem die okzipitalen-temporalen Bereiche abdecken und welche als „visual wordform area“ bekannt sind. Insbesondere bei der visuellen Wortverarbeitung spielt diese Region eine Rolle.

Bei den Haupteffekten war in dieser Analyse die *Wortklasse* in allen Zeitbereichen signifikant, außer im Zeitbereich 400-500ms. Im Zeitbereich 300-400ms interagierte die *Wortklasse* mit *Derivationsrichtung*. Außerdem findet sich in diesem Zeitbereich auch die Interaktion *hemi* mit *Elektrode* und *Wortklasse* und *Derivationsrichtung*.

wurde mit zwei weiteren Elektrodensets, einmal mit 4 repräsentativen Elektroden: F6, O10, F5, O9 und ein anderes Mal mit 4 repräsentativen Elektroden: F5, CP5, F6, CP6 durchgeführt.

Eine zusätzliche statistische Analyse wurde mit zwei weiteren Elektrodensets mit je vier Elektroden (erstes Set: F6, O10, F5, O9; zweites Set: F5, CP5, F6, CP6) durchgeführt. Im Zeitbereich 300-400ms zeigte sich für beide Elektrodensets der Haupteffekt *Frequenz*. Auch der Haupteffekt *Wortklasse* wurde bei beiden Elektrodensets signifikant (erstes Set: 150-200ms, zweites Set: 300-400ms). Die Interaktion *Derivationsrichtung* mit *Wortklasse* und *Frequenz* zeigte sich im zweiten Set im Zeitbereich 200-300ms.

Eine Gesamtübersicht der statistischen Ergebnisse befindet sich im Anhang unter 4.6.

Mit dem RSVP Design zeigt sich für das erste Elektrodenset (F5, C3, CP5, O9, Fz, Cz, Pz, Oz, F6, C4, CP6, O10), dass die relevante Interaktion der *Derivationsrichtung* mit *Wortklasse* und *Frequenz*, anders wie in Experiment eins, in einem frühen Zeitbereich von 200-300ms signifikant wurde.

Für das zweite Elektrodenset (P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P3, P5, PO3, PO7, PO9, O1) wurde die Interaktion *hemi* mit *Elektrode*, *Wortklasse* und *Derivationsrichtung*, und signifikant, in demselben Zeitbereich von 300-400ms wie in Experiment eins.

In der Auswertung der Sets mit vier Elektroden wurde für das zweite Set (F5, CP5, F6, CP6) die relevante Interaktion der *Derivationsrichtung* mit *Wortklasse* und *Frequenz* im frühen Zeitbereich von 200-300ms signifikant.

Wie die Auswertung der Ergebnisse zeigt, ist das RSVP Design dafür geeignet, die zugrundeliegende Stabilität unterschiedlicher *Derivationsrichtungen*, und in diesem Fall auch unterschiedlicher *Frequenzen*, zu untersuchen. Durch diese Untersuchungsmethode wurde das Ergebnis aus Experiment eins unterstützt.

Beim zweiten Elektrodenset (P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P3, P5, PO3, PO7, PO9, O1) ist es sogar wieder das Zeitfenster im Bereich der N400, in dem die relevante Interaktion von *hemi* mit *Elektrode*, *Wortklasse* und *Derivationsrichtung* signifikant wird.

Zusätzlich wurden relativ konstant die Haupteffekte *Wortklasse* (100-200ms, 150-200ms, 200-300ms, 300-400ms) sowie *Elektrode* (150-200ms, 200-300ms, 300-400ms, 400-500ms) gefunden. Der Haupteffekt *Frequenz* zeigt sich hier nur im Zeitbereich 300-400ms.

Interessanterweise zeigt sich in allen Elektrodensets erst bei 300-400ms ein Effekt der Frequenz, obwohl in anderen Studien mit dem RSVP Design sogar schon Frequenzeffekte ab 120ms (Assadollahi & Pulvermüller 2003) oder zwischen 100-200ms (Paul 2005) gefunden wurden.

Für zukünftige Studien bleibt die Erkenntnis aus diesem experimentellen Versuch, dass das RSVP Design für die Untersuchung morphologischer Effekte der Sprachverarbeitung ein angemessenes Untersuchungsdesign sein kann. Ähnlich wie in Experiment eins zeigt sich auch mit dem RSVP Design eine unterschiedliche Verarbeitung der verschiedenen stabilen Derivationsrichtungen.

Interessant wäre es unter dieser schnellen Präsentationsrate nochmals Stimuli zu untersuchen, die eine phonologische Veränderung durchlaufen, wie in Experiment zwei der Umlaut, da es mit diesem Untersuchungsdesign möglich ist, auch mit einem kleineren Stimulusset zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen.

Eine weitere Möglichkeit für das Testen der Hypothese mit einer alternativen Untersuchungsmethode wäre die Untersuchung der Verarbeitung von Konversionen mit der Methode des fMRTs. Diese Methode erlaubt, im Gegensatz zur Methode der EEG Messung, eine genauere räumliche Auflösung. Gehirntopographisch könnte genauer überprüft werden, ob sich auch mit dieser Methode Anhaltspunkte dafür finden lassen, dass die weniger stabile Derivationsrichtung von Verb-zu-Nomen topographisch anders verarbeitet wird als die stabilere Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb, entweder durch eine stärkere Aktivierung von Gehirnregionen oder auch durch unterschiedlich aktivierte Gehirnregionen. Wenn die stabilere Derivationsrichtung von Nomen-zu-Verb im fMRT eine stärkere Aktivierung im Gehirn zeigt oder unterschiedliche Regionen aktiviert, wäre das ein weiterer Hinweis dafür, dass die beiden Derivationsrichtungen auch unterschiedlich effizient verarbeitet werden.

Der in dieser Dissertation erbrachte Nachweis der neuronalen Reflektion unterschiedlicher diachroner Eigenschaften von Konversionsprozessen ist ein wichtige Erkenntnis über die vielfältigen Einflüsse, auch sprachgeschichtlich motivierte, welche in der

Sprachverarbeitung eine Rolle spielen. Es konnte gezeigt werden, dass auch sehr subtile diachrone Stabilitätsunterschiede von sprachlichen Prozessen unterschiedlich effizient im Gehirn verarbeitet werden.

4. Anhang

4.1. Experiment 1: Stimuli mit Frequenzen

	Lemma Mann	Lemma MLN	Wortf. Mann	Wortf. MLN	Deriv.- Richt.	Lemma Mann	Lemma MLN	Wortf. Mann	Wortf. MLN	
Bann	40	7	27	5	NV	76	13	26	4	bannen
Bluff	48	8	48	8	NV	8	1	3	1	bluffen
Dampf	33	6	26	4	NV	16	3	3	1	dampfen
Duft	59	10	40	7	NV	22	4	2	0	duften
Film	806	135	514	86	NV	40	7	15	3	filmen
Geiz	6	1	5	1	NV	7	1	1	0	geizen
Gips	32	5	30	5	NV	1	0	0	0	gipsen
Groll	13	2	13	2	NV	22	4	4	1	grollen
Kalk	24	4	24	4	NV	3	1	1	0	kalken
Kitt	4	1	3	1	NV	2	0	1	0	kitten
Knall	28	5	26	4	NV	58	10	7	1	knallen
Krampf	17	3	8	1	NV	4	1	0	0	krampfen
Leim	13	2	13	2	NV	4	1	1	0	leimen
Matsch	3	1	3	1	NV	1	0	1	0	matschen
Mief	1	0	1	0	NV	0	0	0	0	miefen
Mist	18	3	18	3	NV	2	0	0	0	misten
Neid	33	6	32	5	NV	2	0	1	0	neiden
Pferch	1	0	0	0	NV	2	0	1	0	pferchen
Prunk	8	1	7	1	NV	0	0	0	0	prunken
Qualm	26	4	25	4	NV	9	2	1	0	qualmen
Quirl	0	0	0	0	NV	1	0	0	0	quirlen
Rost	21	4	20	3	NV	3	1	2	0	rosten
Ruck	44	7	44	7	NV	12	2	0	0	rucken
Saft	31	5	27	5	NV	0	0	0	0	saften
Schmerz	214	36	94	16	NV	39	7	5	1	schmerzen
Schmied	17	3	11	2	NV	28	5	10	2	schmieden
Schock	25	4	24	4	NV	4	1	0	0	schocken
Sprint	7	1	4	1	NV	5	1	0	0	sprinten
Spuk	11	2	11	2	NV	9	2	2	0	spuken
Start	305	51	285	48	NV	303	51	112	19	starten
Tank	43	7	18	3	NV	8	1	6	1	tanken
Test	67	11	45	8	NV	37	6	20	3	testen
Thron	43	7	39	7	NV	3	1	0	0	thronen
Trotz	60	10	58	10	NV	13	2	3	1	trotzen
Trumpf	30	5	23	4	NV	10	2	0	0	trumpfen
Twist	4	1	4	1	NV	0	0	0	0	twisten
<i>Mittelw.</i>	<i>59,31</i>	<i>9,94</i>	<i>43,61</i>	<i>7,36</i>		<i>20,94</i>	<i>3,61</i>	<i>6,33</i>	<i>1,06</i>	

4.1. Experiment 1: Stimuli mit Frequenzen – Fortsetzung

	Lemma Mann	Lemma MLN	Wortf. Mann	Wortf. MLN	Deriv.- Richt.	Lemma Mann	Lemma MLN	Wortf. Mann	Wortf. MLN	
blicken	428	72	0	0	VN	1049	176	1041	175	Blick
danken	519	87	125	21	VN	402	68	377	63	Dank
drillen	12	2	3	1	VN	2	0	2	0	Drill
fluchen	28	5	4	1	VN	38	6	23	4	Fluch
funken	20	3	3	1	VN	108	18	108	18	Funk
grausen	2	0	0	0	VN	1	0	1	0	Graus
hallen	19	3	5	1	VN	13	2	13	2	Hall
hauchen	24	4	1	0	VN	43	7	42	7	Hauch
kaufen	740	124	400	67	VN	204	34	163	27	Kauf
knacksen	0	0	0	0	VN	1	0	1	0	Knacks
knicken	26	4	0	0	VN	8	1	7	1	Knick
kochen	97	16	36	6	VN	65	11	51	9	Koch
piepen	5	1	0	0	VN	1	0	0	0	Piep
plauschen	0	0	0	0	VN	1	0	1	0	Plausch
plumpsen	4	1	2	0	VN	2	0	2	0	Plumps
prallen	46	8	9	2	VN	30	5	0	0	Prall
protzen	5	1	3	1	VN	0	0	0	0	Protz
rauben	63	11	13	2	VN	41	7	37	6	Raub
reizen	118	20	20	3	VN	79	13	52	9	Reiz
schallen	15	3	1	0	VN	2	0	2	0	Schall
scherzen	26	4	4	1	VN	61	10	37	6	Scherz
schlitzen	3	1	0	0	VN	11	2	8	1	Schlitz
schlucken	49	8	0	0	VN	51	9	51	9	Schluck
schmausen	2	0	1	0	VN	1	0	1	0	Schmaus
schrecken	25	4	0	0	VN	52	9	52	9	Schreck
schubsen	1	0	0	0	VN	1	0	1	0	Schubs
spalten	84	14	21	4	VN	120	20	22	4	Spalt
spotten	32	5	5	1	VN	35	6	31	5	Spott
spurten	9	2	3	1	VN	20	3	16	3	Spurt
stauen	20	3	5	1	VN	11	2	10	2	Stau
stupsen	2	0	0	0	VN	1	0	1	0	Stups
tanzen	189	32	79	13	VN	167	28	127	21	Tanz
traben	12	2	1	0	VN	10	2	9	2	Trab
tratschen	3	1	2	0	VN	0	0	0	0	Tratsch
trotten	14	2	1	0	VN	8	1	8	1	Trott
zanken	16	3	7	1	VN	3	1	3	1	Zank
<i>Mittelw.</i>	<i>73,83</i>	<i>12,39</i>	<i>20,94</i>	<i>3,56</i>		<i>73,39</i>	<i>12,25</i>	<i>63,89</i>	<i>10,69</i>	

4.1. Experiment 1: Stimuli mit Frequenzen – Fortsetzung

Nicht-Wörter

Bans	Knucks	Qualk	Spik
bansen	knucksen	qualken	spiken
Banz	Kratsch	Quarl	Spirt
banzen	kratschen	quarlen	spirten
Bliff	Krint	Rampf	Spitt
bliffen	krinten	rampfen	spitten
Dink	Krott	Sauch	Stips
dinken	krotten	sauchen	stipsen
Floch	Kunk	Schack	Sturt
flochen	kunken	schacken	sturten
Fulm	Kust	Schibs	Teiz
fulmen	kusten	schibsen	teizen
Grotz	Kutt	Schlock	Thrun
grotzen	kutten	schlocken	thrunen
Grull	Laft	Schlutz	Tist
grullen	laften	schlutzen	tisten
Kall	Luck	Schmiel	Tlick
kallen	lucken	schmielen	tlicken
Kank	Malk	Schmies	Trampf
kanken	malken	schmiesen	trampfen
Kest	Maub	Schmurz	Tratz
kesten	mauben	schmurzen	trätzen
Kich	Naud	Schorz	Trimpf
kichen	nauden	schorzen	trimpfen
Kief	Netsch	Schruck	Trub
kiefen	netschen	schrucken	truben
Kiep	Nuft	Schull	Trull
kiepen	nuften	schullen	trullen
Kips	Pfirch	Seim	Twust
kipsen	pfirchen	seimen	twusten
Klausch	Plamps	Seiz	Wraus
klauschen	plampsen	seizen	wrausen
Knill	Prill	Spau	Zauf
knillen	prillen	spauen	zaufen
Knuck	Prink	Spelt	Zonk
knucken	prinken	spelten	zonken

4.2. Experiment 1: Mann-Whitney U-Test

U-Test: Basisnomen - Basisverben				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von V1 ist über Kategorien von V2 gleich.	Mann-Whitney-U-test unabhängiger Stichproben	,492	Nullhypothese behalten.
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.				
U-Test: Basisnomen - derivierte Verben				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von V1 ist über Kategorien von V2 gleich.	Mann-Whitney-U-test unabhängiger Stichproben	,001	Nullhypothese ablehnen.
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.				
U-Test: Derivierte Nomen - derivierte Verben				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von V1 ist über Kategorien von V2 gleich.	Mann-Whitney-U-test unabhängiger Stichproben	,125	Nullhypothese behalten.
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.				
U-Test: Basisnomen - derivierte Nomen				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von V1 ist über Kategorien von V2 gleich.	Mann-Whitney-U-test unabhängiger Stichproben	,457	Nullhypothese behalten.
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.				
U-Test: Basisverben - derivierte Nomen				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von V1 ist über Kategorien von V2 gleich.	Mann-Whitney-U-test unabhängiger Stichproben	,581	Nullhypothese behalten.
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.				

4.2. Experiment 1: Mann-Whitney U-Test – Fortsetzung

U-Test: Basisverben - derivierte Verben				
	Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
1	Die Verteilung von V1 ist überKategorien von V2 gleich.	Mann-Whitney-U-test unabhängiger Stichproben	,014	Nullhypothese ablehnen.
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.				

4.3. Experiment 2: Stimuli mit Frequenzen

Umlaut	Lemma	Lemma	Wortf.	Wortf.	Lemma	Lemma	Wortf.	Wortf.	
NV	Mann	MLN	Mann	MLN	Mann	MLN	Mann	MLN	
Damm	91	15	65	11	7	1	2	0	dämmen
Dung	4	1	4	1	13	2	5	1	düngen
Dunst	34	6	31	5	2	0	0	0	dünsten
Durst	57	10	57	10	7	1	5	1	dürsten
Gruß	212	36	83	14	103	17	38	6	grüßen
Hohn	15	3	14	2	15	3	0	0	höhnern
Kamm	48	8	32	5	27	5	5	1	kämmen
Kuss	70	12	42	7	184	31	31	5	küssen
Pflug	30	5	16	3	17	3	6	1	pflügen
Ruhm	119	20	107	18	43	9	12	2	rühmen
Saum	15	3	12	2	18	3	4	1	säumen
Schaum	22	4	21	4	12	2	5	1	schäumen
Schmuck	67	11	67	11	51	9	0	0	schmücken
Sturm	227	38	117	30	85	14	17	3	stürmen
Traum	225	38	117	20	156	26	43	7	träumen
Trost	73	12	70	12	83	14	36	6	trösten
Wunsch	997	168	573	96	689	116	233	39	wünschen
Knopf	64	11	36	6	18	3	0	0	knöpfen
<i>Mittelw.</i>	<i>131,67</i>	<i>22,28</i>	<i>81,333</i>	<i>14,28</i>	<i>85,00</i>	<i>14,39</i>	<i>24,56</i>	<i>4,11</i>	
VN									
backen	2	0	0	0	0	0	0	0	Bäcker
blasen	85	14	18	3	3	1	3	1	Bläser
fangen	427	72	89	15	0	0	0	0	Fänger
kaufen	740	124	400	67	152	26	138	23	Käufer
klagen	169	28	49	8	14	2	12	2	Kläger
morden	14	2	2	0	156	26	140	24	Mörder
saufen	15	3	7	1	8	1	8	1	Säufer
schlafen	399	67	138	23	4	1	3	1	Schläfer
schlachten	25	4	5	1	1	0	1	0	Schlächter
spotten	32	5	5	1	4	1	3	1	Spötter
tanzen	189	32	79	13	31	5	28	5	Tänzer
taufen	48	8	19	3	6	1	5	1	Täufer
tummeln	19	3	14	2	49	8	40	7	Tümmeler
jagen	166	28	56	9	90	15	78	13	Jäger
kramen	19	3	3	1	40	7	39	7	Krämer
pachten	27	5	16	3	23	4	22	4	Pächter
rauben	63	11	13	2	64	11	57	10	Räuber
walzen	7	1	3	1	2	0	2	0	Wälzer
<i>Mittelw.</i>	<i>135,89</i>	<i>22,78</i>	<i>50,89</i>	<i>8,50</i>	<i>35,94</i>	<i>6,06</i>	<i>32,17</i>	<i>5,56</i>	

4.3. Experiment 2: Stimuli mit Frequenzen – Fortsetzung

Ablaut	Lemma	Lemma	Wortf.	Wortf.	Lemma	Lemma	Wortf.	Wortf.	
	Mann	MLN	Mann	MLN	Mann	MLN	Mann	MLN	
beißen	27	5	127	21	11	2	16	3	Biss
greifen	145	24	618	104	110	18	124	21	Griff
reißen	57	10	426	72	22	4	50	8	Riss
schleifen	5	1	23	4	9	2	9	2	Schliff
schneiden	50	8	176	30	67	11	74	12	Schnitt
treiben	174	29	528	89	12	2	19	3	Trieb
kneifen	2	0	19	3	3	1	9	2	Kniff
fliegen	258	43	629	106	123	21	209	35	Flug
fließen	47	8	191	32	119	20	249	42	Fluss
gießen	14	2	65	11	14	2	14	2	Guss
schieben	46	8	367	62	31	5	33	6	Schub
ziehen	277	47	1693	284	357	60	717	120	Zug
schwören	14	2	66	11	13	2	20	4	Schwur
klingen	48	3	327	55	48	8	69	12	Klang
springen	78	13	438	74	126	21	193	32	Sprung
dringen	69	12	464	78	69	12	105	18	Drang
schwinden	13	2	33	6	6	1	6	1	Schwund
zwingen	145	24	668	112	121	20	138	23	Zwang
<i>Mittelwert</i>	<i>81,61</i>	<i>13,39</i>	<i>381,00</i>	<i>64,11</i>	<i>70,06</i>	<i>11,78</i>	<i>114,1</i>	<i>19,22</i>	

Nicht-Wörter - Umlaut

baschen	lunken	Ronsch	trösken	Zuhn
Blömer	Lunst	schäuken	tusteln	Zümmmler
dätten	mirten	Schlärer	wämken	Zuss
frünschen	möhnen	schlasken	Nicht-Wörter - Ablaut	
fünsten	münken	Schläster	bleifen	schneulen
grülken	Nänzer	schloren	Bliff	Schnoll
Grut	nauken	schlusen	Drels	Schrind
guchten	Naul	schmürren	drensen	schwösen
Guhm	näumen	Sörker	Flass	spaben
Jäsker	ninzen	Spauk	fleuben	splanzen
jufen	Nirst	Spluck	freiben	spleiken
Kaln	nolzen	spoggen	Frieb	Sprunz
Kälzer	nürsten	Spräker	frieken	Spub
Kang	Pälter	sprumen	Frug	Swos
Känger	Pamm	spüssen	gielen	teußen
Käuker	Pflorr	stauken	Gull	Tiss
klaten	pfrülen	Storf	klunsen	zeulken
Kläter	Prötter	störken	Klunt	Ziss
klühmen	Räscher	taulen	kneiren	Zub
Knosch	Räuler	Traug	Knull	z wanden
knötzen	raulken	träuzen	reilen	Zwans
Läuker	Räuster	Tronz	Schloff	zwinten

4.4. Experiment 2: Mann-Whitney U-Test für Umlaut

U-Test: Frequenz: Verben		U-Test: Frequenz: Nomen	
Statistik für Test ^a		Statistik für Test ^a	
	Frequenz		Frequenz
Mann-Whitney-U	127,000	Mann-Whitney-U	74,500
Wilcoxon-W	298,000	Wilcoxon-W	245,500
Z	-1,108	Z	-2,770
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,268	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,006
Exakte Signifikanz [2*(1- seitig Sig.)]	,279 ^b	Exakte Signifikanz [2*(1- seitig Sig.)]	,005 ^b
a. Gruppenvariable: Richtung b. Nicht für Bindungen korrigiert		a. Gruppenvariable: Richtung b. Nicht für Bindungen korrigiert	
U-Test: Frequenz: Basisnomen - Basisverb		U-Test: Frequenz: Basisnomen - deriviertes Verb	
Statistik für Test ^a		Statistik für Test ^a	
	Frequenz		Frequenz
Mann-Whitney-U	142,500	Mann-Whitney-U	114,000
Wilcoxon-W	313,500	Wilcoxon-W	285,000
Z	-,617	Z	-1,519
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,537	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,129
Exakte Signifikanz [2*(1- seitig Sig.)]	,542 ^b	Exakte Signifikanz [2*(1- seitig Sig.)]	,134 ^b
a. Gruppenvariable: Richtung b. Nicht für Bindungen korrigiert		a. Gruppenvariable: Richtung b. Nicht für Bindungen korrigiert	
U-Test: Frequenz: Basisverb - deriviertes Nomen		U-Test: Frequenz: deriviertes Verb - deriviertes Nomen	
Statistik für Test ^a		Statistik für Test ^a	
	Frequenz		Frequenz
Mann-Whitney-U	89,000	Mann-Whitney-U	109,000
Wilcoxon-W	260,000	Wilcoxon-W	280,000
Z	-2,310	Z	-1,677
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,021	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,093
Exakte Signifikanz [2*(1- seitig Sig.)]	,020 ^b	Exakte Signifikanz [2*(1- seitig Sig.)]	,097 ^b
a. Gruppenvariable: Richtung b. Nicht für Bindungen korrigiert		a. Gruppenvariable: Richtung b. Nicht für Bindungen korrigiert	

4.4. Experiment 2: Mann-Whitney U-Test für Umlaut – Fortsetzung

U-Test: Frequenz: Mittelwerte	
Statistik Test ^a	
	Frequenz
Mann-Whitney-U	2,000
Wilcoxon-W	5,000
Z	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	1,000
Exakte Signifikanz [2*(1- seitig Sig.)]	1,000 ^b
a. Gruppenvariable: VAR00001	
b. Nicht für Bindungen korrigiert.	

4.5. RSVP Design: Stimuli mit Frequenzen

	Lemma Mann	Lemma MLN	Wortf. Mann	Wortf. MLN	Lemma Mann	Lemma MLN	Wortf. Mann	Wortf. MLN	
NV high									
Sieg	908	153	674	113	248	42	48	8	siegen
Dank	402	68	377	63	519	87	125	21	danken
Fisch	203	34	99	17	20	3	5	1	fischen
<i>Mittelw.</i>	<i>504,3</i>	<i>85</i>	<i>383,3</i>	<i>64,33</i>	<i>262,3</i>	<i>44</i>	<i>59,33</i>	<i>10</i>	
VN high									
kaufen	740	124	400	67	204	34	163	27	Kauf
tanzen	189	32	79	13	167	28	127	21	Tanz
tauschen	101	17	37	6	34	6	34	6	Tausch
<i>Mittelw.</i>	<i>343,3</i>	<i>57,67</i>	<i>172</i>	<i>28,67</i>	<i>135</i>	<i>22,67</i>	<i>108</i>	<i>18</i>	
NV low									
Geiz	6	1	5	1	7	1	1	0	geizen
Ruß	9	2	9	2	0	0	0	0	rußen
Sprint	7	1	4	1	5	1	0	0	sprinten
<i>Mittelw.</i>	<i>7,333</i>	<i>1,333</i>	<i>6</i>	<i>1,333</i>	<i>4</i>	<i>0,667</i>	<i>0,333</i>	<i>0</i>	
VN low									
tratschen	3	1	2	0	0	0	0	0	Tratsch
gurten	0	0	0	0	12	2	6	1	Gurt
blitzen	34	6	7	1	68	11	48	8	Blitz
<i>Mittelw.</i>	<i>12,33</i>	<i>2,333</i>	<i>3</i>	<i>0,333</i>	<i>26,67</i>	<i>4,333</i>	<i>18</i>	<i>3</i>	
Nicht-Wörter									
Diesch	Geuk	Krotsch	Splunk						
dieschen	geuken	krotschen	splunken						
Dins	Goß	Pinz	Tiek						
dinsen	goßen	pinzen	tieken						
Feusch	Grotz	Seik	Tirt						
feuschen	grotzen	seiken	tirten						

4.6. RSVP Design: Statistische Ergebnisse

Für 12 repräsentative Elektroden: F5, C3, CP5, 09, Fz, Cz, Pz, Oz, F6, C4, CP6, O10

	100-200ms		150-200ms		200-300ms		300-400ms		400-550ms	
Haupteffekte	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Wortklasse								<.05		
hemi								<.05		
vh								<.001		
Frequenz								<.05		
Elektrode										
b.deriv.										
Interaktion										
b.deriv.*Wortkl.*					4,81	<.05				
Frequ.										

hemi= ; vh= ; b.deriv.=Basis deriviert; Wortkl.=Wortklasse; Frequ.=Frequenz;

Für 12 repräsentative hintere Elektroden: P6, P4, PO4, PO8, PO10, O2, P3, P5, PO3, PO7, PO9, O1

	100-200ms		150-200ms		200-300ms		300-400ms		400-550ms	
Haupteffekte	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Wortklasse	13,07	<.001	8,22	<.05	8,02	<.05	4,49	>.05		
hemi										
vh										
Frequenz							7,94	<.05		
Elektrode			6,98	<.001	20,96	<.001	5,60	<.05	1,49	<.001
b.deriv.										
Interaktion										
Wortkl.*b.deriv.							5,39	<.05		
hemi*Wortkl.					10,38	<.01			22,97	<.05
hemi*Frequ.									5,66	<.05
hemi*Elektrode	20,17	<.001	12,51	<.001	6,27	<.01	17,44	<.001		<.001
Elek.*Wortkl.				>.05	4,65	<.05				
Elek.*Frequ.							7,87	<.01		
hemi*Elek.*Frequ.							5,50	<.01		
hemi*Elek.*Wortkl.							9,03	<.01	4,17	<.05
*Frequ.										
hemi*Elek.*Wortkl.							3,01	<.05		
*b.deriv.										

hemi= ; vh= ; b.deriv.= Basis deriviert; Wortkl.=Wortklasse; Frequ.=Frequenz; Elek.=Elektrode

4.6. RSVP Design: Statistische Ergebnisse - Fortsetzung

Für 4 Elektroden: F6, O10,F5,O9

Haupteffekte	100-200ms		150-200ms		200-300ms		300-400ms		400-550ms	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Wortklasse			5,01	<.05						
hemi	10,34	<.01	9,89	<.01			6,76	<.05	10,55	<.01
vh	163,98	<.001	<.001	118,60	16,39	<.01	45,40	<.001	139,47	<.001
Frequenz							9,45	<.01		
Elektrode										
b.deriv.										
Interaktion										
Wortkl.*vh					7,16	<.05				
hemi*vh					11,27	<.01				
Frequ.*vh							7,72	<.05		
Wortkl.*hemi*vh					20,94	<.001				
Frequ.*hemi*vh							6,90	<.05		

hemi= ; vh= ; b.direv.=Basis deriviert; Wortkl.=Wortklasse; Frequ.=Frequenz;

Für 4 Elektroden: F5, CP5, F6, CP6

Haupteffekte	100-200ms		150-200ms		200-300ms		300-400ms		400-550ms	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Wortklasse								<.05		
hemi								<.05		
vh								<.001		
Frequenz								<.05		
Elektrode										
b.deriv.										
Interaktion										
b.deriv.*Wortkl.*					4,81	<.05				
Frequ.										

hemi= ; vh= ; b.direv.=Basis deriviert; Wortkl.=Wortklasse; Frequ.=Frequenz;

Literaturverzeichnis

- Anderson S.R. (1982). Where's Morphology? *Linguistic Inquiry*, 13, 571 - 612.
- Anderson S. R., Keenan E. (1985). "Deixis." *Language typology and syntactic description*, 3: 259-308.
- Anderson, S.R. (1992). A Morphous Morphology. *Cambridge Studies in Linguistics* 62. Cambridge University Press.
- Assadollahi R., Pulvermüller F. (2001a). Neuromagnetic evidence for early access to cognitive representations. *Neuroreport*, 12, 2: 207-213.
- Assadollahi R., Pulvermüller F. (2001b). Word length and frequency in early lexical access: neuromagnetic evidence. Society for Psychophysiological Research, Abstracts of the 41st Annual Meeting. *Psychophysiology*, 38, Suppl 1: S21
- Assadollahi R., Pulvermüller F. (2003). Early influences of word length and frequency: a group study using MEG. *Neuroreport*, 14: 1183-1187.
- Baayen R., Dijkstra T., Schreuder R. (1997). Singulars and plurals in Dutch: Evidence for a parallel dual route model. *Journal of Memory and Language*, 37: 94-117.
- Baker M.C. (2003). *Lexical Categories: Verbs, Nouns and Adjectives*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Barlow J. (1993). *The Electroencephalogram*. Cambridge: The MIT Press.
- Barner D., Bale A. (2002). 'No Nouns, no verbs: psycholinguistic arguments in favour of lexical underspecification'. *Lingua*, 112: 771-791.
- Bauer L. (1983). *English Word-formation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bentin S., McCarthy G. (1994). The effect of immediate stimulus repetition on reaction time and event-related potentials in tasks of different complexity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20: 130-14.
- Berger H. (1929). Über das Elektroencephalogramm des Menschen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 1929, 87: 527-570.
- Berndt R., Burton M., Haendiges A., Mitchum C. (2001). Production of nouns and verbs in aphasia: effects of elicitation context. *Aphasiology* 2002, 16, 1-2: 83-106.
- Bird H., Howard D., Franklin S. (2000). Why is a verb like an inanimate object? Grammatical category and semantic category deficits. *Brain and Language*, 72: 246-309
- Boudelaa S., Marslen-Wilson W. (2000). Non-concatenative morphemes in language processing: Evidence from Modern Standard Arabic. *SWAP*: 23-26.
- Bozic M., Tyler L., Su L., Wingfield C., Marslen-Wilson W. (2013). Neurobiological Systems for Lexical Representation and Analysis in English. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25, 10: 1678-1691
- Bozic M., Marslen-Wilson W., Stamatakis E., Davis M., Tyler L. (2007). Differentiating morphology, form, and meaning: Neural correlates of morphological complexity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 9: 1464-1475.
- Brandstötter G. (1997). Umlaut und optimality theory: Was constraints bewirken sollen (und was sie bewirken können). *Grazer Linguistische Studien*, 47.

- Brown C. M., Hagoort P., ter Keurs M. (1999). Electrophysiological signatures of visual lexical processing: open- and closed-class words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11: 261-281.
- Butterworth B. (1983). Lexical representation. In B. Butterworth (Ed.), *Language production 2: Development, writing and other language processes*: 257-294. London: Academic Press.
- Caramazza A., Laudanna A., Romani C. (1988). Lexical access and inflectional morphology. *Cognition* 28: 297-332.
- Caramazza A., Hillis A. (1991). Lexical organization of nouns and verbs in the brain. *Nature*, 349: 788-790.
- Chiarello C., Liu S., Shears C., Kacinik N. (2002). Differential asymmetries for recognizing nouns and verbs: where are they? *Neuropsychology*, 16: 35-48.
- Connolly J., Stewart S., Phillips N. (1990). The effects of processing requirements on neurophysiological responses to spoken sentences. *Brain Lang.*, 39: 302-318.
- Connolly J., Phillips N., Stewart S., Brake W. (1992). Event-related potential sensitivity to acoustic and semantic properties of terminal words in sentences. *Brain Lang.*, 43: 1-18.
- Connolly J., Phillips N., Forbes K. (1995). The effects of phonological and semantic features of sentence-ending words on visual event-related brain potentials. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 94: 276-287.
- Connolly J.F., Service E., D'Arcy R. C. N., Kujala A., Alho K. (2001). Phonological aspects of word recognition as revealed by high-resolution spatio-temporal brain mapping. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, 12, 2: 237-243.
- Cooper R., Osselton J., Shaw J. (1984). *Elektroenzephalographie: Technik und Methoden*. Stuttgart: Fischer.
- D'Arcy R., Connolly J., Service E., Hawco C., Houlihan M. (2004). Separating Phonological and Semantic Processing in Auditory Sentence Processing: A High-Resolution Event-Related Brain Potential Study. *Human Brain Mapping*, 22: 40-51.
- Damasio A., Tranel D. (1993). Nouns and verbs are retrieved with differently distributed neural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 90: 4957-4960.
- Dambacher M., Kliegl R., Hofmann M., Jacobs A. (2006). Frequency and predictability effects on event-related potentials during reading. *Brain Research*, 1084, 1: 89-103.
- Daniele A., Giustolisi L., Silveri M., Colosimo C., Gainotti G. (1994). Evidence for a possible neuroanatomical basis for a lexical processing of nouns and verbs. *Neuropsychologia*, 32, 11: 1325-1341.
- Devlin J., Jamison H., Matthews P., Gonnerman L. (2004). Morphology and the internal structure of words. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, 101: 14984-14988.
- Dominguez A., de Vega M., Barber H. (2004). Event-related Brain Potentials Elicited by Morphological, Homographic, Orthographic, and Semantic Priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 4: 598-608.
- Don J. (1993). *Morphological Conversion*. PhD diss., Utrecht University
- Don J., Trommelen M., Zonneveld W. (2000). Conversion and category indeterminacy. *Morphology: An International Handbook on Inflection and Word-Formation*. Berlin: Walter de Gruyter: 943-952.
- Don J. (2004). Categories in the lexicon. *Linguistics* 42, 5: 931-956.

- Don J. (2005). On conversion, relisting and zero-derivation. *SKASE Journal of Theoretical Linguistics*, 2, 2: 2-16.
- Donalies, E. (2005). Die Wortbildung des Deutschen – ein Überblick. Tübingen, Gunter Narr Verlag.
- DUDEN (2006). Die Grammatik: Unentbehrlich für richtiges Deutsch. Mannheim: Dudenverlag.
- Embick D., Hackl M., Schaeffer J., Kelepir M., Marantz A. (2001). A magneto-encephalographic component whose latency reflects lexical frequency. *Cognitive Brain Research*, 10: 345-348.
- Eschenlohr S. (1999). Vom Nomen zum Verb: Konversion, Präfigierung und Rückbildung im Deutschen. Hildesheim/Zürich/New York, G. Olms Verlag.
- Fleischer W., Barz I. (2012). Wortbildung der deutschen Gegenwartssprache. De Gruyter Berlin/Boston (4. neu bearb. Aufl.).
- Gentner D. (1981). Some interesting differences between verbs and nouns. *Cognition and Brain Theory*, 4: 161-178.
- Gentner D. (1982). Why nouns are learned before verbs: Linguistic relativity versus natural partitioning. In: Kuczaj S. (Hg.). *Language development: Language cognition and culture. Technical Report*, 257.
- Gomes H., Ritter W., Tartter V., Vaughan H. (1997). Lexical processing of visually and auditorily presented nouns and verbs: evidence from reaction time and N400 priming data. *Cognitive Brain Research*, 6: 121-134.
- Gonnerman L., Seidenberg M., Andersen E. (2007). Graded Semantic and Phonological Similarity Effects in Priming: Evidence for a Distributed Connectionist Approach to Morphology. *Journal of Experimental Psychology*, 136, 2: 323-345.
- Hahne A., Friederici A. (1999). Electrophysiological evidence for two steps in syntactic analysis: early automatic and late controlled processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11: 194-205.
- Hale K., Keyser S. (1993). On Argument Structure and the Lexical Representation of Syntactic Relations. In: S. Jay Keyser and Kenneth Hale (Hrg.) *The View from Building*, 20: 53-109. Cambridge: MIT Press.
- Halle M., Marantz A. (1993). Distributed Morphology and the Pieces of Inflection. In: K.Hale&S.J.Keyser (Hg.): *The view from Building*, 20. Cambridge, Mass.: 111-176.
- Halle M., Marantz A.(1994). Some key features of Distributed Morphology. *Papers on phonology and morphology*, 21: 275-288.
- Harley H., Noyer R. (1999). Distributed Morphology. *Glott International*, 4, 4: 3-9.
- Hauk O., Pulvermüller F. (2004). Effects of word length and frequency on the human event-related potential. *Clinical Neurophysiology*, 115: 1090-1103.
- Hentschel E., Weydt H. (2003). Handbuch der deutschen Grammatik. De Gruyter Studienbuch (3.Aufl.).
- Hillis A., Tuffiash E., Caramazza A. (2002). Modality-Specific Deterioration in Naming Verbs in Nonfluent Primary Progressive Aphasia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 7: 1099–1108.
- Isel F., Gunter T., Friederici A. (2003). Syntactic language processing: ERP lesion data on the role of the basal ganglia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9, 7: 1053-1060.

- Khader P., Scherag A., Streb J., Rösler F. (2003). Differences between noun and verb processing in a minimal phrase context: a semantic priming study using event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 17: 293-313.
- Kienle R. von (1960): Historische Laut-und Formenlehre des Deutschen; Tübingen: Max Niemeyer Verlag
- King J.W., Kutas M. (1998). Neural plasticity in the dynamics of human visual word recognition. *Neuroscience Letters*, 244: 61-64.
- Kiparsky P. (1982). From Cyclic Phonology to Lexical Phonology. In: Van der Hulst H. & Smith N. (Hg.). *The Structure of Phonological Repräsentation*. Foris: Dordrecht: 131-175.
- Kiparsky P. (1997). Remarks on Denominal Verbs. *Complex predicates*, 64: 473-499.
- Koenig Th., Lehmann D. (1996). Microstates in Language-Related Brain Potential Maps show Noun-Verb Differences. *Brain and Language*, 53: 169-182.
- Kunkel-Razum K. (2007). Duden: Deutsches Universalwörterbuch. Mannheim, Duden-Verlag
- Kutas M., Hillyard S. (1980a). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207: 203-205.
- Kutas M., Hillyard S. (1980b). Event related Brain potentials to semantically in a propriate and surprisingly large words. *Biological Psychology* 11: 99-116.
- Kutas M., Hillyard S. (1980c). Reading between the lines: Event related brain potentials during natural sentence processing. *Brain and Language*, 11: 354-373.
- Kutas M., Hillyard S. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies *Memory and Cognition*, 11: 539-550.
- Kutas M., van Petten C. (1988a). Event- related brain potential studies of language. *Advances in Psychophysiology*, 3: 139 -187.
- Kutas M., van Petten C. (1988b). ERP studies of language. In: P. K. Ackles, J. R. Jennings, & M. G. H. Coles (Eds.), *Advances in Psychophysiology*: 139-188. Greenwich, CT: JAI Press
- Kutas M., van Petten C. (1994). Psycholinguistics electrified. Event-related brain potential investigations. In: M.A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of Psycholinguistics*: 83-143. California San Diego: Academic Press
- Kutas M., Kluender R. (1994). What is who violating: A reconsideration of linguistic violations in light of event-related brain potentials. In H.-J. Heinze, T. Münte & G. Mangun (Hg.). *Cognitive Electrophysiology*: 183-210, Boston: Birkhäuser
- Kutas M., Federmeier K.D. (2011). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annu. Rev. Psychol.* 2011, 62: 621-47
- Lavric A., Clapp A., Rastle K. (2007). ERP evidence of morphological analysis from orthography: A masked priming study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19: 866-877.
- Lechner W.: Protoindogermanisch:
<http://users.uoa.gr/~wlechner/HIST2008b%2003.pdf>

- Lehmann Ch. Grammatik: Morphology und Syntax, Kapitel Umlaut. Philosophische Fakultät Universität Erfurt
http://www.christianlehmann.eu/ling/lg_system/grammar/morph_syn/index.html?http://www.christianlehmann.eu/ling/lg_system/grammar/morph_syn/umlaut.html
- Li P., Jin Z., Tan L.H. (2004). Neural representations of nouns and verbs in Chinese: An fMRI study. *Neuro Image*, 21: 1541–1553.
- Lieber R. (1981). Morphological conversion within a restrictive theory of the lexicon. In: Moortgat M., van der Hulst H. & Hoekstra T. (Hg.). *The Scope of Lexical Rules*. Dordrecht: Fores: 161-200.
- Lieber R. (1987). *An Integrated Theory of Autosegmental Processes*. Stony Brook, NY: State University of New York Press.
- Longtin C.-M., Meunier F. (2005). Morphological decomposition in early visual word processing. *Journal of Memory and Language*, 53, 1: 26-41.
- Longe O., Randall B., Stamatakis E., Tyler L.K., (2007). Grammatical categories in the brain: The role of morphological structure. *Cerebral Cortex*, 17: 1812–1820.
- Luck St. (2005) *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. *Cognitive Neuroscience*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts. London, England
- Lück M., Hahne A., Clahsen H. (2006). Brain potentials to morphologically complex words during listening. *Brain Research*, 1077: 144-152.
- Mc.Kinnon R., Allen M., Osterhout L. (2003). Morphological decomposition involving non-productive morphemes: ERP evidence. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, *NeuroReport*, 14: 883-886.
- McQueen J., Cutler A. (1998). Morphology in Word Recognition. In: Spencer, A., Zwicky, A.M. (Hrg.). *The Handbook of Morphology*. Oxford: Blackwell Publishers: 406-427.
- Marangolo P., Incoccia C., Pizzamiglio L., Sabatini U., Castriota-Scanderbeg A., Burani C. (2003). The right hemisphere involvement in the processing of morphologically derived words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 3: 364–371.
- Marangolo P., Piras F., Galati G., Burani C. (2006). Functional Anatomy of Derivational Morphology. *Cortex*, 42: 1093-1106.
- Marantz A. (1997). No Escape from Syntax: Don't Try Morphological Analysis in the Privacy of Your Own Lexicon. *Linguistics*, 4, 2: 201-225.
- Marchand H. (1964). A set of Criteria for establishing of derivational relationships between words unmarked by derivational morphemes. *Indogermanische Forschungen*, 69: 10-19.
- Marslen-Wilson W. (1984). Function and process in spoken word-recognition. In H. Bouma and D.G.Bouwhuis (Eds.). *Attention and Performance X: Control of language processes*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Marslen-Wilson W., Tyler L. (1998). Rules, representations, and the English past tense. *Trends in Cognitive Sciences*, 2: 428-435.
- Marslen-Wilson W. (2001). Access to lexical representations: Cross-linguistic issue. *Language and Cognitive Processes*, 16, 5-6: 699-708.

- Marslen-Wilson W., Tyler L. (2007). Morphology, Language and the Brain: the decompositional substrate for language comprehension. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 362: 823 -836.
- Marslen-Wilson W., Bozic M., Randall B. (2008). Early decomposition in visual word recognition: Dissociating morphology, form, and meaning. *Language and Cognitive Processes*, 2, 3: 394-421.
- Meinzer M, Obleser J., Flaisch T., Eulitz C., Rockstroh B. (2007). Recovery from aphasia as a function of language therapy in an early bilingual patient demonstrated by fMRI. *Neuropsychologia*, 4: 1247-1256.
- Meinzer M., Lahiri A., Flaisch T., Hannemann R., Eulitz C. (2009). Opaque for the reader but transparent for the brain: Neural signatures of morphological complexity. *Neuropsychologia*, 47, 8-9: 1964-1971.
- Miceli G., Silveri M., Villa G., Caramazza A. (1984). On the basis of the agrammatics' difficulty in producing main verbs. *Cortex*, 20: 207-220.
- Miceli, G., Silveri, M.C., Nocentini, U., Caramazza, A. (1988). Patterns of dissociation in comprehension and production of nouns and verbs. *Aphasiology*, 2: 351-358.
- Morris J., Grainger J., Holcomb P. (2008). An electrophysiological investigation of early effects of masked morphological priming. *Language and Cognitive Processes*, 23 (7): 1021-1056.
- Münte, T., Heinze H.-J., Mangun G. (1993). Dissociation of brain activity related to syntactic and semantic aspects of language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5: 335-344.
- Münte T., Say T., Clahsen H., Schiltz K., Kutas M. (1999). Decomposition of morphologically complex words in English: evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 7, 3: 241-253.
- Neville H.-J., Nicol J., Barss A., Forster K., Garrett M. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3: 155-170.
- Oldfield R., Wingfield A. (1965) Response latencies in naming objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17: 273-281.
- Oldfield R. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9: 97-113.
- Panieri L. (2012). Eine neue phonetische Hypothese zum primären Umlaut von germ. */a/ im Althochdeutschen*. *Linguistik online*, 53, 3: 85-98.
- Paul I. (2005). Cortical and behavioural characteristics of children with developmental disorders-does treatment change the picture? PhD Diss., Universität Konstanz
- Penke M., Weyerts H., Gross M., Zander E., Münte T., Clahsen A. (1997). How the brain processes complex words: An ERP-study of German verb inflections. *Cognitive Brain Research*, 6: 37-52.
- Perani D., Cappa S., Schnur T., Tettamanti M., Collinia S., Rosa M., Fazio F. (1999). The neural correlates of verb and noun processing – A PET study. *Brain*, 122: 2337-2344.
- Perfetti C., Bell L. (1991): Phonemic activation during the first 40ms of word identification: Evidence from backward masking and masked priming. *Journal of Memory and Language* 30: 473 – 485.

- Plank F. (1981). Morphologische (Ir-)Regularitäten: Aspekte der Wortstrukturtheorie. *Studien zur Deutschen Grammatik*, 13: 1-39
- Plaut D., Gonnerman L. (2000). Are non-semantic morphological effects incompatible with a distributed connectionist approach to lexical processing? *Language and Cognitive Processes*, 15: 445-485.
- Pliatsikas C., Wheeldon L., Lahiri A., Hansen P. (2013). Processing of zero-derived words in English: An fMRI investigation. *Neuropsychologia*, 53: 47-53.
- Polich J., Donchin E. (1988). P 300 and the word frequency effect. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 70: 33-45.
- Prednaska . Wortbildung -Derivation und Konversion: 7,13,67ff
http://www.germanistika.upol.cz/uploads/media/WB_prednaska.pdf
 Letzter Zugriff 03.12.2014
- Pulvermüller F., Lutzenberger, W., & Preissl. (1999). Nouns and verbs in the intact brain: Evidence from event-related potentials and high-frequency cortical responses. *Cerebral Cortex*, 9: 497–506.
- Quirk R., Greenbaum S. (1973): A University Grammar of English. London: Longman
- Quirk R., Greenbaum S. Leech G., Svartvik J. (1985). A Comprehensive Grammar of the English Language. London and New York: Longman.
- Rapp A., Caramazza A. (2002). Selective difficulties with spoken nouns and written verbs: A single case study. *Journal of Neurolinguistics*, 15: 373–402.
- Rieder E., Schenner A. Ablaut and Umlaut -What they have in common, what distinguishes them.
<http://www.hum2.leidenuniv.nl/pdf/lucl/sole/console10/console10-rieder.pdf>
- Rieder E. (2000). Autosegmentale Repräsentation Neuhochdeutscher Umlautphänomene. M.A. thesis, University of Vienna.
- Rösler F., Friederici A., Pütz P., Hahne A. (1993). Event-related brain potentials while encountering semantic and syntactic constraint violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5: 345–362.
- Rösler F., Streb J., Haan H. (2001). Event-related brain potentials evoked by verbs and nouns in a primed lexical decision task. *Psychophysiology*, 3: 694-703.
- Rubinstein H., Garfield L. & Millikan J.A. (1970). Homographic entries in the internal lexicon. *J. Verb Learn Verb Behav*, 9: 487-494.
- Rubin G., Turano K. (1992). Reading without saccadic eye movements. *Vision Research*, 32: 895-902.
- Rugg M. (1990). Event-related potentials dissociate repetition effects of high- and low-frequency words. *Memory and Cognition*, 18, 367–379.
- Rugg M., Coles M. (1996). *Electrophysiology of Mind: Event-related Brain Potentials and Cognition*. Oxford: University Press, USA.
- Sandra D. (1990). On the representation and processing of compound words: Automatic access to constituent morphemes does not occur. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 42: 529-567.
- Scharinger M. (2006). Die Repräsentation von Vokalmerkmalen in Stammalternativen: Phonologische, morphologische und sprachverarbeitende Aspekte. Dissertation an der Universität Konstanz.
- Scherg M., Berg P. (1996). New concepts of brain source imaging and localization. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology Supplement*, 46: 127-137.
- Schmidt W. und Autorenkollektiv (2007). *Geschichte der deutschen Sprache; Ein Lehrbuch für das germanistische Studium*. S.Hirzel Verlag, Stuttgart.

- Schreuder R., Neijt A., Van der Weide F., Baayen H. (1998). Regular Plurals in Dutch Compounds: Linking Graphemes or Morphemes? *Language and Cognitive Processes*, 13, 5: 551-573.
- Sereno J., Jongman A. (1997). Processing of English inflectional morphology. *Memory & Cognition*, 25, 4: 425-437.
- Sereno J. (1999). Hemispheric differences in grammatical class. *Brain Lang.*, 70: 13–28.
- Sereno S., Rayner K., Posner M. (1998). Establishing a time-line of word recognition: evidence from eye movements and event-related potentials. *NeuroReport*, 9: 2195–2200.
- Sereno S., Rayner K. (2003). Measuring word recognition in reading: eye movements and event-related potentials. *Trends in Cognitive Sciences*, 7,11: 489–493.
- Shapiro K., Shelton J., Caramazza A. (2000). Grammatical class in lexical production and morphological processing: evidence from a case of fluent aphasia. *Cognitiv Neuropsychology*, 17: 665–682.
- Shapiro K., Moo L., Caramazza A. (2006). Cortical signatures of noun and verb Production. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103: 1644–1649.
- Silveri M., Di Betta A. (1997). Noun-verb dissociations in brain-damaged patients: further evidence. *Neurocase*,: 477–488.
- Smith L. (Hg) (1987). Introduction: Discourse strategies and cross-cultural communication. In: *Discourse across cultures. Strategies in World English*: 1-6. New York: Prentice Hall.
- Smolka E., Zwitserlood P., Rösler F. (2007). Stem access in regular and irregular inflection: Evidence from German participles. *Journal of Memory and Language*, 5, 3: 325-347.
- Solomon R., Postman L. (1952). Frequency of usage as a determinant of recognition thresholds for words. *Journal of Experimental Psychology*, 43: 195-201.
- Spenny M., Haynes W. (1989). Semantic and Phonological Performance in Adults Learning Novel Object and Action Words. *Journal of Psycholinguistic Research*, 18, 4: 341-352.
- Stamatakis E., Marslen-Wilson W., Tyler L., Fletcher P. (2005). Cingulate control of fronto-temporal integration reflects linguistic demands: a three way interaction in functional connectivity. *Neuroimage*, 15: 115-121.
- Steinhauer K., Drury J.E. (2012). On the early left-anterior negativity (ELAN) in syntax studies. *Brain and Language* 120: 135-162.
- Stemberger J.P., McWhinney B. (1986). Frequency and the lexical storage of regularly inflected forms. *Memory and Cognition* 14(1): 17-26.
- Sutton S., Braren M., Zubin J., John E. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150: 1187-1188.
- Sweet H. (1891). *A new English grammar, logical and historical*. Oxford: Clarendon Press.
- Swinney D.A. (1982). The structure and time-course of information interaction during speech comprehension: Lexical segmentation, access, and interpretation. In Mehler J., E. C. T. Walker, M. Garrett (Hg.): *Perspectives on mental representation: Experimental and theoretical studies of cognitive processes and capacities*: 151–168.
- Taft M., Forster K. (1975). Lexical storage and retrieval of prefixed words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 4: 638-647.

- Taft, M. (2015). The nature of lexical representation in visual word recognition. In A. Pollatsek & R. Treiman (Eds.), *Oxford handbook of reading* (pp. 99–113). New York, NY: Oxford University Press.
- Taft M. (2004). Morphological decomposition and the reverse base frequency effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A, 4: 745-765.
- Tyler L.K., Randall B., Marslen-Wilson W. (2002a). Phonology and neuropsychology of the English past tense. *Neuropsychologia*, 40: 1154-1166.
- Tyler L.K., de Mornay-Davies P., Anokhina R., Longworth C., Randall B., Marslen-Wilson W.(2002b). Dissociation in Processing Past Tense Morphology: Neuropathology and Behavioural Studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 1: 79-94.
- Tyler L. K., Bright P., Fletcher, P., Stamatakis E. A. (2004). Neural processing of nouns and verbs: The role of inflectional morphology. *Neuropsychologia*, 42: 512–523.
- Tyler, L. K., Marslen-Wilson W., Stamatakis E. (2005). Differentiating the form, meaning, and structure in the neural language system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 8375–8380.
- Van Petten C., Kutas M. (1990). Interactions between sentence context and word frequency in event-related brain potentials. *Memory and Cognition*, 18, 4: 380-393
- Vigliocco G., Warren J., Siri S., Arciuli J., Scott S., Wise R. (2006). The role of semantics and grammatical class in the neural representation of words. *Cereb. Cortex*, 16: 1790–1796.
- Vigliocco G., Vinson D., Arciuli J., Barber H.(2008). Recognizing nouns and verbs: Effects of syntactic context. *Brain Lang.*, 105: 175–184.
- Vigliocco G., Vinson D., Druks J., Barber H., Cappa S. (2011). Nouns and verbs in the brain: A review of behavioural, electrophysiological, neuropsychological and imaging studies. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, 35: 407–426.
- Vogel P. (1996). Wortarten und Wortartenwechsel: Zu Konversion und verwandten Erscheinungen im Deutschen und in anderen Sprachen. Berlin/New York: Walter de Gruyter.
- Vogel P., Comrie B. (Hg.) (2000). Approaches to the typology of word classes. Berlin / New York: Mouton De Gruyter.
- Walter W., Cooper R., Aldridge V., McCallum W., Winter A. (1964). Contingent negative variation: An electrical sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203: 380-384.
- Wiese B. (2004). Unterspezifizierte Stammparadigmen: Zur Systematik des Verbablauts im Gegenwartsdeutschen. Vortrag bei der 30. GGS-Tagung, 21-23.Mai 2004, am IDS Mannheim
- Wiese B. (2014). „Ablaut“, „Ablautreihe“, „Abstufung“, „Abtönung“. Vier Wörterbuchartikel. Ms., IDS Mannheim.
http://www1.ids-mannheim.de/fileadmin/gra/Artikel/Wiese_Ablaut_usw.pdf
- Wiese R. (1986a). Schwa and the structure of words in German. *Linguistic*, 24: 697-724
- Wiese R. (1986b). Zur Theorie der Silbe. *Studium Linguistik*, 20: 1-15.
- Wiese R. (1987). Phonologie und Morphologie des Umlauts im Deutschen. *Zeitschrift für Sprachwissenschaft*, 01, 6, 2: 227-248.
- Wiese R. (1988). Silbische und lexikalische Phonologie. Studien zum Chinesischen und Deutschen. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.
- Wiese R. (1996): Phonological versus morphological rules: on German Umlaut and Ablaut. *Journal of Linguistics*, 32, 1: 113-135.

- Wiese R. (2002). A model of conversion in German. In: Ingrid Kaufmann & Barbara Stiebels (Hrsg.). *More than Words: A Festschrift for Dieter Wunderlich*. Berlin: Akademie Verlag, 47-67. (Studia Grammatica 53).
- Williams E. (1981). On the notions 'lexically related' and 'head of a word'. *Linguistic Inquiry*, 12, 2: 245–274.
- Zingeser L., Berndt R. (1988). Grammatical class and context effects in a case of prenomia: implications for models of language processing. *Cognitiv Neuropsychology*, 5: 473–516.
- Zhuang J., Randall B., Stamatakis E., Marslen-Wilson W., Tyler L. (2011). The Interaction of Lexical Semantics and Cohort Competition in Spoken Word Recognition: An fMRI Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 12: 3778-3790.
- Zwitserslood P. (1994). The role of semantic transparency in the processing and representation of Dutch compounds. *Language and Cognitive Processes*, 9, 3: 341-368.

Internet

Reproduction of The International Phonetic Alphabet (Revised to 2005): IPA:
<http://www.langsci.ucl.ac.uk/ipa/vowels.html>

www.canoo.net

German CELEX Nijmegen: Max Planck Institute for Psycholinguistics.