

Susanne Wagner: Verbales Arbeitsgedächtnis und die Verarbeitung  
ambiger Wörter in Wort- und Satzkontexten. Leipzig: Max Planck  
Institute of Cognitive Neuroscience, 2002 (MPI Series in Cognitive  
Neuroscience; 33)

---

# Verbales Arbeitsgedächtnis und die Verarbeitung lexikalisch ambiger Wörter in Wort- und Satzkontexten

Von der Humanwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Potsdam genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor philosophiae (Dr. phil.),

vorgelegt von Susanne Wagner, M. A.,

geboren am 29. Oktober 1968 in Brandenburg an der Havel.

Leipzig, den 06. Februar 2002



# Danksagung

Viele Menschen hatten und nahmen Anteil daran, dass diese Arbeit entstand. An dieser Stelle möchte ich ihnen danken.

Die ausgezeichneten Rahmenbedingungen für diese Dissertation verdanke ich Prof. Friederici. In der von ihr geleiteten Abteilung im Max-Planck-Institut für neuropsychologische Forschung fand ich hervorragende Forschungsbedingungen und wichtige wissenschaftliche Anregungen. Prof. Friederici möchte ich danken für ihre Gesprächs- und Lesebereitschaft und die vielen Anregungen, mit denen sie die Entstehung dieser Arbeit begleitet hat.

Bei Thom Gunter möchte ich Dank sagen für die ungezählten Stunden, in denen wir gemeinsam Daten diskutierten, Designs entwickelten und über neue Experimente nachdachten. Er hat mit seinem breiten Wissen und seiner für mich immer offenen Bürotür viel zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen.

Gedankt sei Matthias Kruspe, Ralf Keller und Grit Eggerichs, die als studentische Hilfskräfte mit viel Energie bei Materialerstellung, Programmierung und Auswertung der Experimente geholfen haben. Den MTAs sei gedankt für die vielen durchgeführten Experimente: Ulrike Barth, Heike Böthel, Ina Koch, Cornelia Schmidt und Kristiane Werrmann.

Doreen Neßler sei hier besonders gedankt für die sachkundige Textkritik, die mich schnell und unkompliziert vom andern Ende der Welt erreichte. Eva Schwabe, Karen Böhme und Karin Oswald gilt mein Dank für das Aufspüren von Rechtschreibfehlern, und Hanna Brodowsky danke ich für das Erläutern physikalischer Zusammenhänge.

Nicht zuletzt sei meinen Eltern gedankt dafür, dass sie meinen Weg immer unterstützt haben.

Dekan:

Prof. Dr. Hanno Schmitt

Gutachten:

Prof. Dr. Angela D. Friederici

Prof. Dr. Douglas Saddy

Disputation:

Potsdam, 25. November 2002

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Wagner, Susanne

Verbales Arbeitsgedächtnis und die Verarbeitung lexikalisch ambiger Wörter in Wort- und Satzkontexten / Susanne Wagner. - Leipzig : Max-Planck-Institut für Neuropsychologische Forschung, 2003 (MPI series in cognitive neuroscience; 33)

ISBN: 3-936816-05-0

Druck: Sächsisches Digitaldruckzentrum Dresden

Titel-Vignette und Satz: Renate Reitz-Schiwek, Nonnenstraße 44a, 04229 Leipzig

© 2003, Susanne Wagner

# Einleitung

In der deutschen Sprache gibt es ungefähr einhundert Substantive, die zwar gleich geschrieben und ausgesprochen werden, aber zwei vollkommen verschiedene Bedeutungen haben: Schloss, Ball, Schimmel, Pass, Bremse . . . . Die Verwendung solcher *ambigen* Wörter verursacht in der täglichen Kommunikation jedoch nur selten Missverständnisse, da die Auswahl der in einem bestimmten Kontext relevanten Bedeutung schon während des Sprachverstehens schnell und zuverlässig erfolgt. Die Auflösung lexikalischer Ambiguitäten ist ein Teil der Abläufe im Gehirn, die das Verstehen von Sprache ermöglichen.

Welche speziellen Prozesse im Gehirn die Auswahl der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes ermöglichen, wird seit mehr als 25 Jahren untersucht (für erste Studien vgl. u.a. Conrad, 1974; Onifer & Swinney, 1981; Swinney, 1979). Man ermittelte vor allem zwei Faktoren, die die Verarbeitung eines ambigen Wortes beeinflussen können: die *Häufigkeit*, mit der die beiden Bedeutungen in der täglichen Kommunikation benutzt werden (ordered access model, Forster & Bednall, 1976; Hogaboam & Perfetti, 1975; Holmes, 1979) und den *Kontext*, in dem das ambige Wort präsentiert wird (context dependent model, Schvaneveldt, Meyer & Becker, 1976; Tabossi, 1988; Tabossi & Zardon, 1993).

Das Verarbeiten eines ambigen Wortes hängt somit einerseits von einer Information ab, die im Gehirn gespeichert ist – der Frequenz der Wortbedeutungen. Andererseits hat die aktuelle sprachliche Umgebung einen entscheidenden Einfluss darauf, welche Bedeutung dem gelesenen oder gehörten Wort zugeordnet wird. Dies wurde vielfach belegt (für einen Überblick vgl. Twilley & Dixon, 2000) und führte bereits 1974 zu einem Modellvorschlag für das Verarbeiten ambiger Wörter (Conrad, 1974), der 1979 mit einem Experiment von Swinney seinen Durchbruch erfuhr: das Modell des vollständigen Zugriffs (*multiple access* bzw. *exhaustive access model*).

In diesem Ansatz wird postuliert, dass die Verarbeitung ambiger Wörter in zwei Phasen stattfindet. Ab ungefähr 200 ms nach der automatischen Aktivierung *aller* Wortbedeutungen im mentalen Lexikon (Phase 1) soll ein kontextgeleiteter Selektionsprozess die relevante Bedeutung des ambigen Wortes bestimmen (Phase 2, Swinney, 1979). Es konnte jedoch gezeigt werden, dass kontextuelle Information auch die frühe, für kontextun-

abhängig gehaltene Aktivierungsphase eines ambigen Wortes beeinflussen kann (Tabossi, 1988; Vu, Kellas & Paul, 1998). Ein allgemein akzeptiertes Modell für den zeitlichen Verlauf und das Zusammenspiel von Frequenz- und Kontextinformation bei der Verarbeitung ambiger Wörter steht derzeit noch aus.

Fast unabhängig von der Diskussion um Aktivierungs- und Bedeutungsauswahlprozesse wurde in einem anderen Forschungsbereich entdeckt, dass die Verarbeitung ambiger Wörter interindividuell verschieden ablaufen kann.

Dieser Befund ergab sich bei der Untersuchung von Prozessen des Arbeitsgedächtnisses. Von der Annahme ausgehend, dass das Verknüpfen sprachlicher Elemente zu größeren Einheiten im Arbeitsgedächtnis stattfindet, hatte man versucht, die grundlegenden Prozesse des Arbeitsgedächtnisses zu untersuchen. In solchen Experimenten wurden des öfteren ambige Wörter eingesetzt, weil sie aufgrund ihrer ausschließlich semantischen Differenziertheit gut zu kontrollierendes Stimulusmaterial darstellen. Es zeigte sich, dass Versuchspersonen unterschiedlicher verbaler Arbeitsgedächtnisleistung verschieden auf das Präsentieren ambiger Wörter reagierten (Gernsbacher & Faust, 1991a,b; Miyake, Just & Carpenter, 1994). Man gelangte zu der Auffassung, dass der Grund für die interindividuellen Unterschiede in der Effizienz lag, mit der die Versuchspersonen Arbeitsgedächtnisprozesse ausführen. Zwei Theorien wurden anhand von Experimenten mit ambigen Wörtern entwickelt (Gernsbacher & Faust, 1991a,b; Miyake, Just & Carpenter, 1994).

Die *Aktivierungstheorie* (Miyake, Just & Carpenter, 1994) postuliert, dass Versuchspersonen mit großer verbaler Arbeitsgedächtnisspanne besser in der Lage sind, beide Bedeutungen eines ambigen Wortes so lange im Arbeitsgedächtnis aktiviert zu halten, bis eine kontextuelle Disambiguierung stattfindet. Versuchspersonen mit schlechterer verbaler Arbeitsgedächtnisleistung dagegen würden aufgrund beschränkter Ressourcen nur die höher frequente Bedeutung aktivhalten können. Die *Inhibitionstheorie* sieht zwar ebenfalls bei den Versuchspersonen mit großer Lesespanne die größere Leistungsfähigkeit. Diese wird jedoch nicht im Aktivhalten relevanter Informationen, sondern im Inhibieren irrelevanter Elemente des Arbeitsgedächtnisses gesehen (Gernsbacher & Faust, 1991a).

Mit Beginn der 80-er Jahre erlaubte die Messung ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) einen direkteren Zugang zu den Prozessen, die die Verarbeitung ambiger Wörter im Gehirn tragen. Die EKP-Experimente zu ambigen Wörtern bestätigten den Einfluss der Gebrauchsfrequenz der beiden Bedeutungen (Hagoort & Brown, 1994). Das initiale Aktivieren *beider* Wortbedeutungen wurde gezeigt – ebenso wie schnell einsetzende Auswirkungen kontextueller Informationen auf die frühen Verarbeitungsstadien ambiger Wörter (van Petten & Kutas, 1987; Swaab, Brown & Hagoort, 1998). Keines der bislang veröffentlichten EKP-Experimente hatte jedoch die verbale Arbeitsgedächtnisleistung der Versuchspersonen kontrolliert. Die elektrophysiologischen Befunde trugen somit nicht dazu bei,

die Modellvorstellungen zu präzisieren, die bis dahin zur Bedeutungsverarbeitung bei ambigen Wörtern existierten.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Ermittlung und Untersuchung arbeitsgedächtnisspezifischer Unterschiede von Prozessen, die der Verarbeitung ambiger Wörter im Gehirn zugrundeliegen. Fünf Experimente wurden durchgeführt, in denen mittels behavioraler und elektrophysiologischer Messmethoden Wortzugriffs- und Bedeutungsselektionsprozesse bei ambigen Wörtern mit zwei Bedeutungen von deutlich unterschiedlicher Gebrauchsfrequenz untersucht wurden. Von der initialen Aktivierung ohne Kontext bis zur Selektion der relevanten Bedeutung in verschiedenen Satz- und Wortkontexten wurde die Verarbeitung ambiger Wörter systematisch auf interindividuelle Unterschiede hin getestet. Speziell für die Untersuchung von Kontexteinflüssen auf frühe Phasen der Verarbeitung ambiger Wörter wurde ein neues Experimentparadigma entwickelt. Die ambigen Wörter dienten innerhalb von auditiv angebotenen Substantiv-Komposita als Determinierer (z. B. *Ball* in *Balkleid*). Mit der Kopfkongstituente des Kompositums wurde direkt nach dem Ende des ambigen Wortes disambiguierende Information eingespielt. Dieses Paradigma offenbarte nicht nur interindividuelle Unterschiede in frühen Phasen der Verarbeitung ambiger Wörter. Es ermöglichte darüberhinaus einige Beobachtungen zur Verarbeitung von deutschen Substantiv-Komposita.

Vor der Darstellung der Experimente wird ein Überblick des relevanten Wissensstandes gegeben. Kapitel 1 ist den Prozessen des Sprachverstehens gewidmet, es werden Modelle der Satz- und Wortverarbeitung diskutiert. Kapitel 2 führt in die physiologischen und technischen Hintergründe der Messung ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) ein, bevor mit Kapitel 3 die Spezifik ambiger Wörter in den Mittelpunkt rückt. Es werden die behavioralen sowie elektrophysiologischen Befunde, die bislang zur Verarbeitung ambiger Wörter veröffentlicht wurden, diskutiert. Darauf folgt Kapitel 4 mit einem Überblick über Gedächtnismodelle und Befunden zur Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei der Sprachverarbeitung. In diesem Kapitel werden *Inhibitions-* und *Aktivierungstheorie* im Detail erläutert. Das letzte Kapitel vor dem Beginn des experimentellen Teils führt in die Spezifik von Substantiv-Komposita ein, die in den Experimenten 1 und 2 als Experimentierumgebung eingesetzt wurden.



# Inhaltsverzeichnis

<b>I Grundlagen und Vorüberlegungen</b>	<b>1</b>
<b>1 Sprachverstehen</b>	<b>3</b>
1.1 Das mentale Lexikon . . . . .	3
1.2 Wortverarbeitung . . . . .	5
1.2.1 Visuelle Worterkennung und -verarbeitung . . . . .	5
1.2.2 Auditive Worterkennung und -verarbeitung . . . . .	7
1.3 Satzverarbeitung . . . . .	8
<b>2 Sprache im Elektroenzephalogramm</b>	<b>11</b>
2.1 Reizverarbeitung im Gehirn . . . . .	11
2.2 Sprache im ereigniskorrelierten Potential . . . . .	13
2.2.1 Syntaktische Prozesse - (E)LAN und P600 . . . . .	15
2.2.2 Semantische Prozesse - die N400 . . . . .	16
2.2.3 Variabilität in der N400 . . . . .	19
<b>3 Ambige Wörter</b>	<b>23</b>
3.1 Zur Semantik ambiger Wörter . . . . .	24
3.1.1 Ambige Substantive in Sätzen . . . . .	25
3.1.2 Ambige Substantive in Komposita . . . . .	26
3.2 Ambige Wörter in der Psycholinguistik . . . . .	27
3.2.1 Modelle zur Verarbeitung ambiger Wörter . . . . .	27
3.2.2 Ambige Wörter im EKP . . . . .	30
<b>4 Das Arbeitsgedächtnis</b>	<b>33</b>
4.1 Sprache und Arbeitsgedächtnis . . . . .	33
4.2 Gedächtnismodelle . . . . .	34
4.3 Arbeitsgedächtnis-Modelle . . . . .	35
4.4 Arbeitsgedächtnis in der (neuro)psychologischen Forschung . . . . .	39

4.4.1	Lokalisierung von Arbeitsgedächtnisprozessen . . . . .	39
4.4.2	Limitierungen des Arbeitsgedächtnisses . . . . .	40
4.4.3	Tests für das verbale Arbeitsgedächtnis . . . . .	41
4.5	Arbeitsgedächtnis und ambige Wörter . . . . .	43
4.5.1	Aktivierungstheorie . . . . .	44
4.5.2	Inhibitionstheorie . . . . .	45
<b>5</b>	<b>Komposita</b> . . . . .	<b>49</b>
5.1	Komposita im Deutschen . . . . .	49
5.2	Semantik der Substantiv-Komposita . . . . .	50
5.2.1	Bindungssprinzipien . . . . .	50
5.2.2	Lexikalischerheit . . . . .	51
5.3	Komposita in der Psycholinguistik . . . . .	52
<b>II</b>	<b>Experimente</b> . . . . .	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>Bedeutungsaktivierung bei ambigen Wörtern</b> . . . . .	<b>57</b>
6.1	Einleitung . . . . .	57
6.2	Methode . . . . .	58
6.2.1	Vorstudien . . . . .	58
6.2.2	Versuchspersonen . . . . .	59
6.2.3	Stimuli . . . . .	60
6.2.4	Design und Versuchsablauf . . . . .	62
6.2.5	Datenerfassung . . . . .	64
6.2.6	Datenanalyse . . . . .	64
6.3	Ergebnisse . . . . .	66
6.3.1	Reaktionszeiten . . . . .	66
6.3.2	Ereigniskorrelierte Potentiale . . . . .	67
6.4	Diskussion . . . . .	74
6.4.1	Komposita-Verarbeitung . . . . .	74
6.4.2	Unterschiede zwischen EKPs und Reaktionszeiten . . . . .	74
6.4.3	N300 und N400 . . . . .	75
6.4.4	Initiale Aktivierung . . . . .	77
6.4.5	Arbeitsgedächtnis . . . . .	78
6.4.6	Zusammenfassung . . . . .	81
6.4.7	Ausblick . . . . .	81

<b>7</b>	<b>Bedeutungsselektion im Wortkontext</b>	<b>83</b>
7.1	Einleitung . . . . .	83
7.2	Methode . . . . .	84
7.2.1	Versuchspersonen . . . . .	84
7.2.2	Stimuli . . . . .	85
7.2.3	Design und Versuchsablauf . . . . .	85
7.2.4	Datenerfassung . . . . .	86
7.2.5	Datenanalyse . . . . .	86
7.3	Ergebnisse . . . . .	86
7.3.1	Reaktionszeiten . . . . .	86
7.3.2	Ereigniskorrelierte Potentiale . . . . .	87
7.4	Diskussion . . . . .	94
7.4.1	Komposita-Verarbeitung . . . . .	94
7.4.2	Unterschiede zwischen EKPs und Reaktionszeiten . . . . .	95
7.4.3	N300 und N400 . . . . .	96
7.4.4	Späte Negativierung . . . . .	97
7.4.5	Bedeutungsaktivierung und -selektion . . . . .	98
7.4.6	Inhibition oder Aktivhalten . . . . .	99
7.4.7	Zusammenfassung . . . . .	100
7.4.8	Ausblick . . . . .	100
<b>8</b>	<b>Bedeutungsselektion im Satzkontext</b>	<b>101</b>
8.1	Einleitung . . . . .	101
8.2	Methode . . . . .	102
8.2.1	Vorstudie . . . . .	102
8.2.2	Versuchspersonen . . . . .	104
8.2.3	Stimuli . . . . .	104
8.2.4	Design und Versuchsablauf . . . . .	104
8.2.5	Datenerfassung . . . . .	106
8.2.6	Datenanalyse . . . . .	106
8.3	Ergebnisse . . . . .	107
8.3.1	Fehlerraten . . . . .	107
8.3.2	Ereigniskorrelierte Potentiale . . . . .	108
8.3.3	Zusammenfassung . . . . .	113
8.4	Diskussion . . . . .	114
8.4.1	Inhibitions- und Aktivierungstheorie . . . . .	114
8.4.2	Kontexteinfluss . . . . .	115
8.4.3	Frequenzeinfluss . . . . .	115

8.4.4	Zusammenfassung . . . . .	117
<b>9</b>	<b>Flexibilität von Selektionsprozessen</b>	<b>119</b>
9.1	Einleitung . . . . .	119
9.2	Methode . . . . .	120
9.2.1	Versuchspersonen . . . . .	120
9.2.2	Stimuli . . . . .	120
9.2.3	Design und Versuchsablauf . . . . .	120
9.2.4	Datenerfassung und Datenanalyse . . . . .	121
9.3	Ergebnisse . . . . .	121
9.3.1	Fehlerraten . . . . .	121
9.3.2	Ereigniskorrelierte Potentiale . . . . .	121
9.3.3	Zusammenfassung . . . . .	125
9.4	Diskussion . . . . .	126
9.4.1	Frequenz, Kontext & Selektion . . . . .	126
9.4.2	Flexibilität bei Kontexteinflüssen . . . . .	127
9.4.3	Inhibitions- und Aktivierungstheorie . . . . .	129
9.4.4	Zusammenfassung . . . . .	131
<b>10</b>	<b>Frequenz, Kontext und Selektion</b>	<b>133</b>
10.1	Einleitung . . . . .	133
10.2	Methode . . . . .	134
10.2.1	Versuchspersonen . . . . .	134
10.2.2	Stimuli . . . . .	134
10.2.3	Design und Versuchsablauf . . . . .	134
10.2.4	Datenerfassung und Datenanalyse . . . . .	135
10.3	Ergebnisse . . . . .	135
10.3.1	Fehlerraten . . . . .	135
10.3.2	Ereigniskorrelierte Potentiale . . . . .	136
10.3.3	Zusammenfassung . . . . .	138
10.4	Diskussion . . . . .	139
<b>11</b>	<b>Zusammenfassende Diskussion</b>	<b>143</b>
11.1	Behaviorale Befunde . . . . .	143
11.2	Elektrophysiologische Befunde . . . . .	145
11.2.1	Initiale Aktivierung bei ambigen Wörtern . . . . .	145
11.2.2	Die Selektion der relevanten Bedeutung . . . . .	147
11.3	Selektionsstrategien - ein Modell . . . . .	151

11.4 Perspektiven . . . . .	153
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>163</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>164</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>167</b>
<b>A Statistiken</b>	<b>171</b>
A.1 Experiment 1 . . . . .	171
A.2 Experiment 2 . . . . .	176
A.3 Experiment 3 . . . . .	182
A.4 Experiment 4 . . . . .	188
A.5 Experiment 5 . . . . .	194
<b>B Material</b>	<b>199</b>
B.1 Komposita . . . . .	199
B.2 Prime- und Targetwörter . . . . .	200
B.3 Sätze . . . . .	202



## **Teil I**

# **Grundlagen und Vorüberlegungen**



# Kapitel 1

## Sprachverstehen

Schon vor 200 Jahren äußerte Gall die Vermutung, dass das menschliche Gehirn aus spezialisierten Subsystemen bestehen könnte (Gall & Spurzheim, 1809). Gall hatte einzelne Nervenstränge präpariert und beobachtet, dass bestimmte Nerven an spezielle Hirnregionen gekoppelt sind. Er zog den Schluss, dass einzelne Module des Gehirns auf die Bearbeitung spezieller Anforderungen ausgelegt sein könnten.

Die Modularität des Gehirns ist in Bezug auf die Verarbeitung von Sprache heute insofern akzeptiert, als es gelungen ist, einzelne Phasen des Sprachverarbeitungsprozesses zu isolieren und bestimmten Gehirnregionen zuzuordnen (für einen Überblick vgl. Friederici, im Druck). Diskutiert wird, wie die einzelnen Module vernetzt sind - ob sie autonom arbeiten und nur die Ergebnisse der in ihnen stattfindenden Prozesse an andere Module weiterreichen oder ob ein ständig interagierendes Miteinander der einzelnen Komponenten des Systems anzunehmen ist. Diese Diskussion ist sowohl für die Verarbeitung einzelner Wörter als auch für die Satzverarbeitung aktuell und wird in den Abschnitten 1.2 und 1.3 wiedergegeben. Vor diesen Abschnitten wird ein Überblick über Erkenntnisse zum *mentalen Lexikon* gegeben, das für die Sprachverarbeitung im menschlichen Gehirn entscheidend ist.

### 1.1 Das mentale Lexikon

Wörter (z. B. *Tisch*) sind im Gehirn repräsentiert. Wie die Struktur, in der diese Wort-Repräsentationen abgelegt sind (das mentale Lexikon), aufgebaut ist, kann derzeit noch nicht exakt beschrieben werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass für jedes Wort Merkmale wie dessen Wortklasse (*Substantiv*), grammatische Merkmale (wie *maskulinum*), seine Bedeutung (*/Tisch/*), seine Aussprache und Orthographie im Langzeitgedächtnis

gespeichert sind. Die einzelnen Speichereinheiten werden dabei nicht als voneinander isoliert betrachtet; es werden vielmehr verschiedenste Verbindungsarten innerhalb des mentalen Lexikons vermutet. Mit der Theorie der sich *automatisch ausbreitenden Aktivierung* (*automatic spreading activation*) entwickelten Collins und Loftus im Jahre 1975 einen vielbeachteten Ansatz in Bezug auf die semantischen Verbindungen zwischen den gespeicherten Einheiten: sie vermuteten, dass Wortbedeutungen in einem semantischen Netzwerk gespeichert sind und dass die Wörter darin als konzeptuelle Knoten repräsentiert und miteinander verbunden sind. Wie stark die Verbindung zwischen zwei Wörtern ausfällt, hängt vom Grad ihrer semantischen Relation ab. Aktivierung soll sich in diesem Netzwerk ausbreiten, indem sie von einem Wortknoten zum nächsten überspringt. Starke Verbindungen zwischen dicht nebeneinander liegenden Knoten übertragen dabei mehr Aktivierungsenergie als schwächere bei weit auseinanderliegenden Knotenpunkten.

Die Grundidee dieses Modells wurde in vielen Experimenten bestätigt. Mit dem Experimentalparadigma des *Semantischen Priming*<sup>1</sup> konnte gezeigt werden, dass ein Wort (das *Prime*) ein zweites Wort (das *Target*) voraktivieren kann: eine Versuchsperson erkennt ein Target-Wort schneller, wenn zuvor ein semantisch naheliegendes Prime-Wort präsentiert wurde (d. h., nach *Blume* wird *Rose* schneller erkannt als *Buch*). Dieser Befund kann als Beleg für Verbindungen zwischen den Wortknoten gewertet werden. Das Konzept der automatischen Aktivierung stellte sich in den nachfolgenden Jahren sogar noch als universeller heraus als ursprünglich angenommen wurde; inzwischen gibt es auch Belege für morphologisches (z. B. *Wald* primt *Wäldchen*, vgl. u. a. Drews, 1996; Sonnenstuhl, Eisenbeiss & Clahsen, 1999; Stolz & Besner, 1998), orthographisches (*Tep##* primt *Teppich*, vgl. u. a. Grainger & Jacobs, 1999) oder auch phonologisches Priming (*Dyna* mit Betonung auf zweiter Silbe primt *Dynamo* aber nicht *Dynamit*, vgl. u. a. Dumay, Benraïess, Barriol, Colin, Radeau & Besson, 2001).

Sprache wird vor allem gehört und gelesen, aber auch gesehen<sup>2</sup> und getastet<sup>3</sup>. Ein sprachlicher Reiz kann somit in höchst unterschiedlichen perzeptuellen Domänen und Formaten vorliegen. Beim Verstehen von Sprache muss eine Verbindung zwischen den im mentalen Lexikon abgelegten Repräsentationen und dem aktuellen sprachlichen Reiz hergestellt werden. Diese Verknüpfungsprozesse unterscheiden sich je nach Format des Reizes. Erkenntnisse über auditiv und visuell präsentierte Wörter werden im folgenden Abschnitt der Arbeit vorgestellt.

---

<sup>1</sup>Im Rahmen dieser Arbeit werden die Begriffe *Priming*, *Prime* und *Target* sowie *primen* nicht durch deutsche Äquivalente ersetzt, da sie als Fachwörter auch im Deutschen verwendet werden.

<sup>2</sup>im Falle von Gebärdensprachen

<sup>3</sup>Hieronymus Lorm entwickelte Mitte des 19. Jahrhunderts ein von „Sprech“-Hand zu „Hör“-Hand zu übermittelndes Zeichensystem, das Taubblinden die Möglichkeit zur Kommunikation eröffnete. Braille ist eine weitere Tast-Variante zur Sprachaufnahme.

## 1.2 Wortverarbeitung

In den meisten psycholinguistischen Modellen wird die Verarbeitung eines Wortes in die Phasen

1. physikalische Reizverarbeitung
2. Zugriff auf das mentale Lexikon
3. Auswahl des relevanten Eintrags und
4. Integration in den bestehenden Kontext

zerlegt (Marslen-Wilson, 1987; Lively, Pisoni & Goldinger, 1994, für einen Überblick).

Den Beginn der Wortverarbeitung markiert die Aufnahme physikalischer Reize, wobei diese meist visueller oder auditiver Natur sind. Die Unterschiedlichkeit der beiden Arten von Sprachdarbietung tritt ziemlich schnell zutage. Während gesprochene Sprache eher einen kontinuierlichen Fluss von Lauten darstellt, der erst nach und nach zugänglich ist und z. B. durch Betonung und Sprechpausen strukturiert wird, ist geschriebene Sprache diskontinuierlich. Es sind Wörter identifizierbar; Satzzeichen und Absätze markieren die Grenzen größerer sprachlicher Einheiten. Es liegt die Schlussfolgerung nahe, dass sich auch die Prozesse, die für die Aufnahme und Weiterleitung der unterschiedlichen Reizsorten zuständig sind, voneinander unterscheiden. Mit einer fMRT<sup>4</sup>-Studie konnte diese Annahme kürzlich belegt werden: Versuchspersonen lasen oder hörten Sätze und beantworteten im Anschluss eine Verständnisfrage. Die fMRT-Daten zeigten verschiedene Aktivierungsmuster für auditiv und visuell dargebotene Stimuli und stärker links lateralisierte Prozesse beim Lesen im Vergleich zu eher bilateral verteilter Aktivierung beim Hören (Michael, Keller, Carpenter & Just, 2001).

### 1.2.1 Visuelle Worterkennung und -verarbeitung

Das Erkennen geschriebener Wörter beginnt mit dem Entziffern einzelner Buchstaben<sup>5</sup> und wird mit dem Zusammenfügen der Buchstaben zu Wörtern fortgesetzt. Für diesen Prozess scheint das Gehirn sehr effektive Mechanismen ausgebildet zu haben. Dies konnten Petersen und Kollegen (Petersen, Fox, Snyder & Raichle, 1990) in einer PET-Studie<sup>6</sup> zeigen. Die Bereiche des Gehirns (im linken, medialen, extrastriaten visuellen Kortex),

---

<sup>4</sup>fMRT, engl. fMRI: funktionale Magnetresonanz- bzw. Kernspin-Tomographie. Elektromagnetische Wellen ermöglichen die dreidimensionale Darstellung körperlerner Strukturen.

<sup>5</sup>Vergleiche hierzu das z. B. bei Gazzaniga, Ivry und Mangun (1998) beschriebene *Pandemonium*-Modell von Selfridge.

<sup>6</sup>PET: Positron-Emissions-Tomographie, minimale Mengen radioaktiver Substanzen zeigen vermehrten Blutfluss in besonders aktiven Gehirnregionen an.

die bei der Verarbeitung von normalen Wörtern (*Tisch*) und aussprechbaren aber sinnfreien, sog. Pseudowörtern (*Malg*) aktiv waren, wiesen keine Aktivierung auf, wenn die Buchstabenketten entweder nicht aussprechbar waren (*Mxvg*) oder aus einzelnen Zeichen bestanden, die keine Buchstaben waren. Demnach wurden Buchstabenketten, die aufgrund ihres orthographischen Musters gar nicht als Wörter der untersuchten Sprache in Frage kamen, auf unterster Ebene herausgefiltert. Die Pseudowörter wiederum wurden im nächsten Schritt ausgesondert: während die in der Sprache tatsächlich semantisch belegten Wörter im linken, präfrontalen Kortex zu Aktivierung führten, blieb das gleiche Areal bei Pseudowörtern inaktiv.

Bentin und Mitarbeiter (Bentin, Mouchetant-Rostaing, Giard, Echallier & Pernier, 1999) kamen in einer EKP-Studie<sup>7</sup> zu ähnlichen Ergebnissen, als sie die Verarbeitung von Ketten realer Buchstaben mit der alphanumerischer Zeichenketten verglichen und Unterschiede zwischen den beiden Stimulusgruppen auf occipito-temporalen Bereichen der Kopfoberfläche belegen konnten. Bentin und Kollegen (Bentin et al., 1999) schlussfolgerten aus den Befunden, dass zuerst orthographisch illegale Stimuli nicht weiterverarbeitet wurden, danach nicht aussprechbare Wörter (mittlerer Temporallappen, bilateral). Wörter, die nicht den phonologischen Regeln entsprachen, wurden um 350 ms nach Beginn ihrer Präsentation anders verarbeitet als phonologisch legale Wörter. Hier wurden Potentialdifferenzen über dem mittleren Temporallappen und weiteren temporo-parietalen Bereichen registriert. Pseudowörter unterschieden sich erst 450 ms nach Präsentationsbeginn von bedeutungstragenden Wörtern, wobei sich hier unterschiedliche Potentialverläufe über anterioren und superioren Anteilen der Temporallappen und benachbarten Bereichen des linken Frontallappens zeigten.

Visuelle Wortverarbeitung beginnt demnach mit der Wahrnehmung von ganzen Zeichengruppen, meist vollständiger Wörter. Nach deren perzeptueller Vorverarbeitung muss ein auf die orthographischen Merkmale der Zeichenkette passender Eintrag im mentalen Lexikon gefunden werden. Typischerweise wird davon ausgegangen, dass Perzeption und Zugriff in weniger als 200 ms (van Petten & Kutas, 1991), z.T. werden sogar unter 100 ms angenommen (Perfetti, 1999), ausgeführt werden und nicht durch kontextuelle Faktoren beeinflusst werden können<sup>8</sup>. In einer Selektionsphase, die noch einmal bis zu 300 ms dauern kann (Perfetti, 1999), wird einer der zuvor im mentalen Lexikon aktivierten Einträge ausgewählt und in die bestehende Satzrepräsentation eingefügt. Selektionsprozesse werden im wesentlichen als durch den Kontext gesteuert beschrieben, für Einzelwortpräsentationen oder ambige Kontexte ist auch die Gebrauchsfrequenz der infrage kommenden Elemente als Einflussfaktor belegt (Grainger, van Kang & Segui, 2001).

---

<sup>7</sup>EKP, engl. ERP: ereigniskorreliertes Potential. Kognitive Prozesse induzieren Veränderungen im EEG, die unter bestimmten Bedingungen auf der Kopfoberfläche erfasst werden können, vgl. Kapitel 2.

<sup>8</sup>Für Gegenevidenz vgl. die Diskussion um Bedeutungsaktivierung bei ambigen Wörtern in Kapitel 3.

Für ein strukturell wenig komplexes Wort wie *Tisch* wird angenommen, dass sein gesamtes orthographisches Muster als Zugang zum mentalen Lexikon dient. Anders stellt sich die Situation bei morphologisch komplexen Einheiten wie präfigierten oder deklinierten Wörtern oder Komposita<sup>9</sup> dar. Taft und Forster (1975) schlugen für präfigierte Wörter wie *ver+lesen* das *Affix-abtrenn-Modell* (*affix stripping model*) vor. Sie vermuteten, dass bei einem Wort mit Präfix für den Zugriff auf das mentale Lexikon das Präfix abgespalten und das Stammorphem als Zugriffseinheit dienen würde. Dieser Ansatz erscheint für Wörter wie das obengenannte Beispiel sinnvoll, erreicht aber recht schnell seine Grenzen, wenn das (morphologische) Präfix für das Auffinden der Wortsemantik obligatorisch ist, wie bei *ver+lieren*.

Andererseits gibt es Belege, die darauf hindeuten, dass alle Wörter, ein- oder mehrmorphemisch, im mentalen Lexikon abgespeichert sein könnten (Butterworth, 1983, *vollständige-Liste-Modell*, *full-listing model*). Ähnlich wie beim Ansatz von Taft und Forster (1975) finden sich in der deutschen Sprache allerdings schnell Argumente, die gegen das vollständige-Liste-Modell in seiner ausschließlichen Form sprechen: mit der Komposita-bildung besitzt das Deutsche eine Wortbildungsmöglichkeit, die die ständige Neubildung von sprachlichen Einheiten ermöglicht. Das Vorhandensein all dieser theoretisch möglichen Wörter in einem mentalen Lexikon anzunehmen, erscheint wenig sinnvoll.

Inzwischen werden hybride Modelle, die beide Extrempositionen vereinen, diskutiert (Schriefers, Zwitserlood & Roelofs, 1991). In Kapitel 5 dieser Arbeit erfolgt eine Diskussion dieser Vorstellungen in Bezug auf die Verarbeitung von Substantiv-Komposita.

### 1.2.2 Auditive Worterkennung und -verarbeitung

Im Gegensatz zur eher "blockartigen" visuellen Wahrnehmung wird der Prozess der auditiven Worterkennung überwiegend als ein sequentielles Verarbeiten des eingehenden Sprachsignals beschrieben, wobei bisher keine Einigkeit darüber besteht, wie die einzelnen physikalischen Merkmale gesprochener Sprache im Detail analysiert und in phonologische Repräsentationen umgesetzt werden. Verschiedene Studien haben sich u. a. der Rolle von Phonem, Mora und Silbe bei der Worterkennung gewidmet und finden übereinstimmend, dass Sprachsegmentierung von den strukturellen Gegebenheiten der einzelnen Sprachen abhängt (Cutler, Mehler, Norris & Segui, 1992; Cutler & Otake, 1994; Zwitserlood, Schriefers, Lahiri & Vandonselaar, 1993). Bei der visuellen Worterkennung wird davon ausgegangen, dass die Repräsentationen der durch Leerzeichen abgegrenzten Wörter zumindest den Ausgangspunkt für den Zugriff auf das mentale Lexikon bilden. Für die auditive Wortverarbeitung ist noch keine solche Grundeinheit allgemein anerkannt (Lahiri & Marslen-Wilson, 1991; Segui, Dupoux & Mehler, 1990).

<sup>9</sup>wie z. B. zusammengesetzte Substantive, vgl. Kapitel 5

Das derzeit weit akzeptierte *Kohorten*-Modell von Marslen-Wilson beinhaltet, dass der Zuordnungsprozess zwischen Sprachsignal und mentalem Lexikon bereits mit dem ersten identifizierten Laut des Sprachsignals beginnt (Marslen-Wilson & Welsh, 1978). Auf diese Information aufbauend werden Einträge, die ebenfalls mit diesem Laut beginnen, aktiviert: /k/ aktiviert demnach alles von *Kabale* bis *Kybernetik*. Die Menge an aktivierten Einträgen wird *Kohorte* genannt. Mit jedem weiteren identifizierten Laut des Sprachsignals sinkt nun die Anzahl der Elemente in der Kohorte: /kapit/ hat die Kohorte auf *Kapitän* bis *Kapital* beschränkt<sup>10</sup>. Wenn nur noch ein Element in der Kohorte verblieben ist, wurde der *Erkennungspunkt* (*recognition point*) des aktuellen Wortes erreicht. Hier ist bei morphologisch simplen Wörtern das Aufsuchen des zum Sprachsignal gehörigen Eintrags beendet, wobei seine im mentalen Lexikon gespeicherten Merkmale offenbar schon während des Zuordnens aktiviert werden können. Moss und Kolleginnen konnten zeigen, dass die semantische Information des Zielwortes zum Teil schon vor dem vollständigen Eingang seines auditorischen Signals verfügbar war (Moss, McCormick & Tyler, 1997).

Der Zugriff auf morphologisch komplexe, auditiv dargebotene Wörter ist bislang wenig untersucht. Es wird vermutet, dass prosodische Merkmale genutzt werden können, um zwischen morphologisch simplen und komplexen Wörtern zu unterscheiden (Isel, Gunter & Friederici, im Druck) und entsprechende Zugriffsroutinen bereitzustellen. Mit den Experimenten der vorliegenden Arbeit können dem bislang vorliegenden Datenmaterial zur Verarbeitung von auditorisch angebotenen Substantiv-Komposita einige Befunde hinzugefügt werden.

Mit der Kombination von Wörtern zu Sätzen bietet Sprache die Möglichkeit, aus einer begrenzten Anzahl von Grundelementen eine ungleich höhere Anzahl von Aussagen zu generieren. Die Grundlagen dieser Verknüpfungsprozesse wurden in (hauptsächlich visuellen) Studien zur Satzverarbeitung untersucht und sind Gegenstand des folgenden Abschnitts.

### 1.3 Satzverarbeitung

Damit aus einer Abfolge von Wörtern ein Satz wird, müssen die Wörter analysiert und auf der Basis sprachspezifischer, syntaktischer Regeln miteinander verknüpft werden. Diese Analyse und Verknüpfung erfolgt wortweise und wird überwiegend als eine serielle Abfolge von Prozessen beschrieben. Friederici (im Druck) geht in ihrem neurokognitiven Modell der Satzverarbeitung beispielsweise davon aus, dass auf der Basis von visueller bzw. auditorischer Worterkennung in einer ersten Phase der Satzanalyse die

<sup>10</sup>Beispiel entlehnt aus (Zwitserslood, 1989b)

Wortkategorie-Information des aktuellen Wortes extrahiert und eine Initialstruktur des präsentierten Satzes aufgebaut wird (*first-pass parse*). In einer zweiten Phase verarbeitet das System lexikalisch-semantische Merkmale des aktuellen Wortes. In einem dritten Schritt werden die Ergebnisse der vorhergehenden Prozessphasen zusammengeführt (*second-pass parse*). Treten dabei Schwierigkeiten auf, weil sich z. B. ein Element als nicht in die vorberechnete Struktur integrierbar erweist, wird eine Reanalyse veranlasst. Nach Friederici (im Druck) bauen die drei Phasen aufeinander auf, wobei Phase 1 und 3 als primär strukturell eingeordnet werden.

In der Literatur zur Satzverarbeitung wird vor allem Phase 1 kontrovers diskutiert. Einerseits gibt es Evidenz dafür, dass diese Phase einen *autonomen* syntaktischen Prozess darstellt und nicht durch nicht-syntaktische Informationen beeinflusst werden kann (Frazier, 1987; Frazier & Clifton, Jr., 1996; Friederici, im Druck). Andererseits konnten in einigen Studien kontextuelle Einflüsse auf frühe Stadien der Satzverarbeitung nachgewiesen werden (Altmann & Steedman, 1988; Ni, Crain & Shankweiler, 1996). Frazier spezifizierte den autonomen Ansatz in dem sog. *syntax-first-* oder *Garden-Path-*Modell (Frazier, 1987; Frazier & Clifton, Jr., 1996)<sup>11</sup>. Mit Experimenten, in denen Sätze angeboten wurden, die über einen gewissen Zeitraum hinweg syntaktisch ambig waren, sollte gezeigt werden, dass der Aufbau einer initialen Satzstruktur von generellen syntaktischen Prinzipien bestimmt wird und nicht von aktueller Plausibilität oder semantischen Kriterien beeinflusst werden kann.

(→) *The horse raced past the barn fell.*

In diesem Satz kann das Verb *raced* sowohl präterital (dt. *raste*) als auch als Partizip (dt. *gerast*) interpretiert werden. Die bevorzugte präteritale Interpretation, die auf die einfache und im Englischen normale Subjekt-Verb-Objekt-Wortreihenfolge (SVO) aufbaut, führt dabei allerdings zu einem Konflikt, da die initial berechnete SVO-Satzstruktur das eigentliche Hauptverb *fell* nicht integrieren kann: *Das Pferd raste am Stall vorbei ?? stürzte...* Eine Reanalyse des Satzes wird notwendig, um die korrekte Satzstruktur zu erhalten: *Das Pferd, das am Stall vorbeigerast war, stürzte.*

Viele Studien bestätigen, dass die Erstellung einer syntaktischen Initialstruktur nicht durch lexikalisch-semantische Informationen beeinflusst werden kann (u. a. Ferreira & Clifton, 1986; Hahne, 1998; Schriefers, Friederici & Kühn, 1995). Doch es gibt auch Gegenbelege, die zeigen, dass kontextuelle Einflüsse zum Verschwinden von *garden-path*-Effekten führen können (Altmann & Steedman, 1988; Ni, Crain & Shankweiler, 1996).

Problematisch an der Modellbildung zur Satzverarbeitung ist sicherlich, dass viele Studien zur Satzverarbeitung anhand von *garden-path*-Sätzen durchgeführt wurden, das

<sup>11</sup>*syntax first model*: Syntax-zuerst-Modell, *garden path*: abgeleitet von *to lead someone up the garden path*, jmd. in die Irre führen

Phänomen *garden-path*-Satz jedoch auf den visuellen Modus beschränkt ist, weil bei gesprochener Sprache prosodische Informationen zur Auflösung der strukturellen Mehrdeutigkeit führen. Dies konnten Steinhauer, Alter und Friederici (1999) zeigen. Sie ließen ihre Versuchspersonen Sätze hören und konnten einen frühen Einfluss prosodischer Information auf den initialen Aufbau der syntaktischen Struktur eines Satzes nachweisen. Somit könnten im Bereich der gesprochenen Sprache neben den auf dem Sprachgebrauch beruhenden syntaktischen Präferenzen die Betonungsmuster einen Ausgangspunkt für den Aufbau der initialen Phrasenstruktur des aktuellen Satzes bilden.

Für einen ausführlichen Überblick über Modelle und aktuelle Diskussionen im Bereich der Satzverarbeitung sei an dieser Stelle auf den Beitrag von Friederici (im Druck) und die Dissertation von Frisch (2000) verwiesen. Modelle der auditiven Wortverarbeitung wurden von Lively und Kollegen (Lively, Pisoni & Goldinger, 1994), die der visuellen durch Balota (Balota, 1994) diskutiert.

Ein Großteil der psycholinguistischen Experimente zur Sprachverarbeitung wurde mit behavioralen Experimentieranordnungen, wie dem oben beschriebenen Priming-Paradigma erhoben. In den 80er Jahren begann sich ein neuer Zweig in der psychologisch-linguistischen Forschung zu etablieren. Es war entdeckt worden, dass mit der Elektroenzephalographie Erkenntnisse über die Verarbeitung sprachlicher (wie auch anderer) Reize gewonnen werden können. Im nächsten Kapitel werden die Grundlagen dieser Methode und die für die Sprachverarbeitung relevanten Befunde vorgestellt, bevor in Kapitel 3 die Spezifik ambiger Wörter in den Mittelpunkt rücken wird.

## Kapitel 2

# Sprache im Elektroenzephalogramm

### 2.1 Reizverarbeitung im Gehirn

Informationsvermittlung im Gehirn beruht auf Chemie und Elektrostatik (für Überblicksdarstellungen vgl. Kandel, Schwartz & Jessell, 1995; Nicholls, Martin & Wallace, 1995). Die Basis für neuronale Kommunikationsvorgänge bilden gerichtete Ionenströme einerseits und zwei verschiedene elektrostatische Signalvarianten andererseits: *Aktionspotentiale* und *postsynaptische Potentiale*. *Aktionspotentiale* sind Impulse, die sehr schnell von einem Nervenende zum anderen laufen und Potentialdifferenzen bis zu 100 mV entwickeln können. Sie beeinflussen für 1 bis 2 ms allerdings nur ihre direkte Umgebung: schon 1 Tausendstel Millimeter vom Entstehungsort entfernt ist ein solches Signal kaum noch messbar. Wegen geringer Dauer und räumlicher Begrenztheit der Aktionspotentiale wird derzeit angenommen, dass sie nicht oder nur minimal zu Potentialdifferenzen auf der Kopfoberfläche beitragen.

Als Quellsignale für ein Elektroenzephalogramm (EEG) gelten die *postsynaptischen Potentiale*. Sie entstehen nach Auslösung eines Aktionspotentials an den Nervenzellen, die der feuernenden Synapse nachgeordnet sind. Wird durch eine exzitatorisch wirkende Synapse ein Erregungsimpuls auf eine Nervenzelle übertragen, führen gerichtete Ionenflüsse dazu, dass die Außenseite der Zelle direkt unter der Synapse kurzzeitig negativer geladen ist als die benachbarten, nicht direkt durch die Synapse beeinflussten Bereiche der Zellmembran. Diese vorerst lokale Potentialänderung dehnt sich anschließend auf angrenzende Bereiche der Zellmembran aus: ein postsynaptisches Potential entsteht

zwischen der weniger positiv geladenen Zellmembran direkt unter der Synapse und den anderen Membranbereichen der Nervenzelle. Solche räumlich voneinander getrennten, unterschiedlich elektrisch geladenen Bereiche werden als *Dipole* bezeichnet. Jede aktivierte Synapse entwickelt einen solchen *Dipol*. Sind mehrere benachbarte Synapsen aktiviert, können sich deren Dipolfelder addieren. Verbände ab 10.000 Synapsen können auf der Kopfoberfläche registriert werden. Dabei ist allerdings die räumliche Anordnung der einzelnen Dipolfelder entscheidend. Viele kortikale Neuronen, z. B. die Sternzellen, entwickeln elektrisch entgegengesetzte Dipole. Deren Felder kompensieren sich gegenseitig und bilden ein *geschlossenes Dipolfeld*. Die Aktivität eines *geschlossenen Dipolfeldes* kann auf der Kopfoberfläche nicht erfasst werden.

Als primäre Generatoren der auf der Kopfoberfläche messbaren Potentiale wurden die kortikalen Pyramidenzellen ermittelt. Die Zellkörper dieser Zellen finden sich vor allem in der Schicht V des Kortex, und ihre Spitzendendriten ziehen sich senkrecht durch den Kortex, um in dessen obersten Schichten zu verzweigen. Verbände solcher senkrecht zur Kopfoberfläche angeordneten Pyramidenzellen erzeugen einheitlich parallel ausgerichtete Dipole, ein *offenes Dipolfeld* (vgl. Abbildung 2.1). Dieses ist auf der Kopfoberfläche registrierbar und kann mit einem Elektroenzephalogramm (EEG) aufgezeichnet werden (für eine ausführliche Darstellung vgl. Zschocke, 1995). Um ein EEG aufzunehmen werden Elektroden nach einem speziellen Muster auf der Kopfoberfläche einer Person platziert (vgl. die Elektrodenanordnung nach dem erweiterten 10-20-System in Abbildung 2.2). Wenn postsynaptische Potentiale in ausreichender Stärke und Ausrichtung vorliegen, registrieren die Elektroden auf der Kopfhaut die Ladungsdifferenzen.

Die einfache Aufzeichnung der Potentiale, die aus durch Sprache hervorgerufener Hirnaktivität entstehen, ist allerdings für die Beobachtung sprachlicher Prozesse noch nicht ausreichend. Die Spannungsunterschiede, die durch Sprachverarbeitung hervorgerufen werden, sind mit selten mehr als  $10 \mu\text{V}$  zu gering, als dass sie neben den vielen anderen parallelen Aktivitäten des Gehirns (der sog. *Grundaktivität*, bei der Differenzen von bis zu  $150 \mu\text{V}$  auftreten) sichtbar würden. Dies ermöglicht erst die Messung *ereigniskorrelierter Potentiale*: unter der Annahme, dass ein gleichartiger Reiz immer eine gleichartige elektrophysiologische Reaktion hervorruft, die Hintergrundaktivität des Gehirns aber sehr unterschiedlich ausfällt, wird eine größere Anzahl vergleichbarer (sprachlicher) Reize in einem Experiment präsentiert und die auf die gleichartigen Reize (*Ereignisse*) folgenden Signalabschnitte (*Potentiale*) aus dem fortlaufenden EEG-Signal extrahiert. Wird ein Mittelwert aus einer hinreichend großen Anzahl solcher Abschnitte errechnet, heben sich die Signalanteile der Hintergrundaktivität auf, da sie für jedes *ereigniskorrelierte Potential* unterschiedlich ausfallen. Die Signalanteile, die in direkter Reaktion auf das wiederholt auftretende *Ereignis* entstehen, sollten jedoch jeweils ähnlich ausfallen und im Mittel-

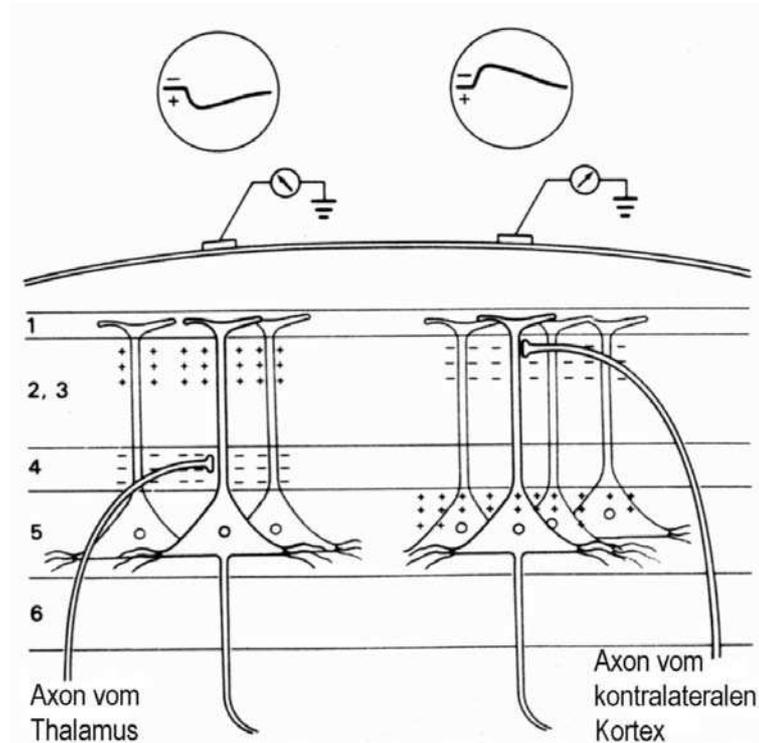


Abbildung 2.1: Entstehung von Potentialdifferenzen. Die Spitzendendriten der Pyramidenzelle verzweigen in Schicht V des Kortex und führen nachgeordnet auf der Kopfoberfläche zu einer Potentialänderung (Abbildung leicht verändert übernommen aus Barlow, 1992).

wert einen für die Verarbeitung des Ereignisses charakteristischen Verlauf zeigen (vgl. Abbildung 2.3).

*Ereigniskorrelierte Potentiale* können also die spezifische Reaktion auf einen speziellen Reiz aus der sonstigen Hintergrundaktivität des Gehirns herausfiltern (für eine ausführliche Beschreibung vgl. Regan, 1989).

## 2.2 Sprache im ereigniskorrelierten Potential

Die Verarbeitung gehörter oder gelesener Wörter wird seit mehr als 20 Jahren in EKP-Experimenten untersucht<sup>1</sup>. Die Begutachtung der Reaktion des Gehirns auf einen sprach-

<sup>1</sup>Für eine ausführliche Darstellung der derzeit verfügbaren Befunde zur Sprachverarbeitung sei für syntaktische und neuroanatomische Befunde auf das Satzverarbeitungsmodell von Friederici (Friederici, im Druck) und für semantische Aspekte auf die Überblicksdarstellung zur N400 von Kutas und Federmeier (2000) verwiesen.

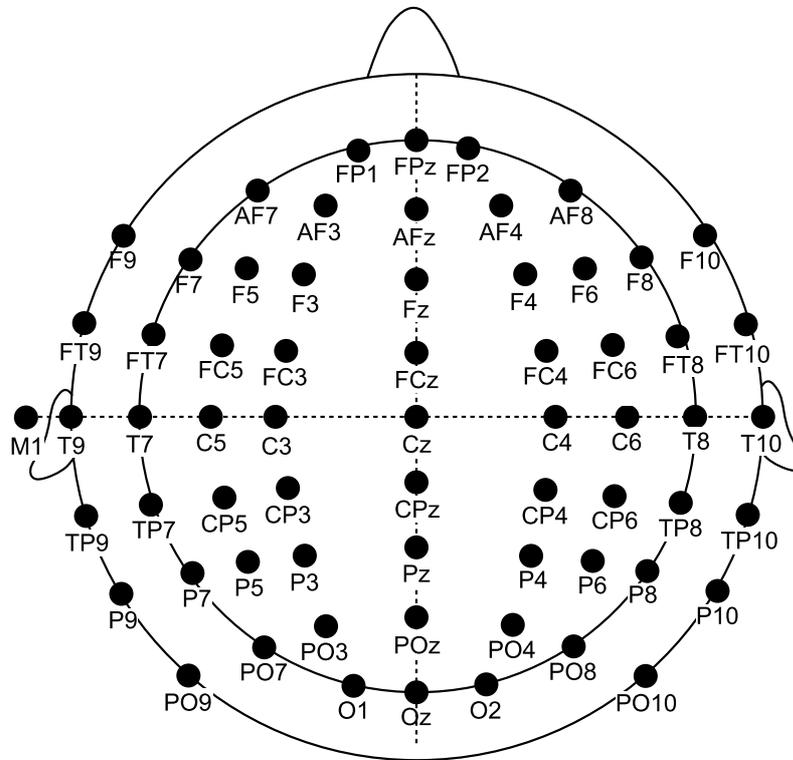


Abbildung 2.2: Elektrodenverteilung und Anordnung im erweiterten 10-20 System (American Electroencephalographic Society, 1991). An der Anatomie des Kopfes orientiert, werden Elektroden in gleichmäßigen Abständen auf der Kopfoberfläche platziert. Die ungerade Nummerierung bezeichnet die (in der Draufsicht) linke Hälfte, gerade Zahlen beziehen sich auf den rechten Teil der Kopfoberfläche, die Zentrallinie kennzeichnet ein z statt einer Ziffer.

lichen Reiz beginnt dabei mit dem Zeitpunkt der Reizpräsentation, in Bezug auf ein visuell angebotenes Wort also mit dessen Erscheinen auf dem Monitor, bei einem auditiv dargebotenen Reiz mit dem Auftreten des ersten Lautes oder einer speziellen Position im Sprachsignal, z. B. dem Beginn eines Suffixes. Die erste nach diesem Zeitpunkt einsetzende Phase ist die der physikalischen Reizverarbeitung. Im EKP finden sich hierfür Komponenten im sogenannten N1-P2-Komplex (N100- und P200-Komponente). Sie reagieren auf Helligkeit und Kontrast (visuell) oder Lautstärke (auditiv) und sind durch Aufmerksamkeitsprozesse modulierbar, aber es wird davon ausgegangen, dass sie wenig oder gar nicht durch sprachspezifisch semantische oder syntaktische Merkmale beeinflusst werden können (aber vgl. Federmeier & Kutas, 2001).

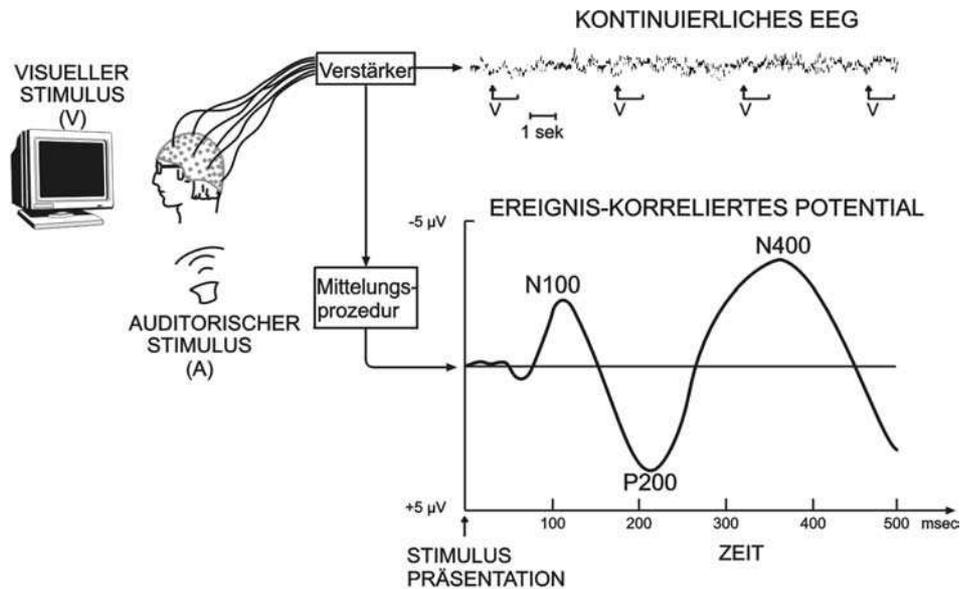


Abbildung 2.3: Anhand ereigniskorrelierter Potentiale kann die spezifische Reaktion auf einen speziellen Reiz aus der sonstigen Hintergrundaktivität des Gehirns herausgefiltert werden.

### 2.2.1 Syntaktische Prozesse - (E)LAN und P600

Dass die physikalische Reizverarbeitung im Bereich bis zu 200 ms stattfindet bedeutet jedoch nicht, dass weiterführende sprachliche Prozesse nicht auch in sehr frühen Zeitfenstern messbare Veränderungen im EEG hervorrufen könnten. Für früh erkennbare Phrasenstrukturverletzungen wie in

(→) \*Die Gans wurde im gefüttert.<sup>2</sup>

konnte eine sehr frühe (150-200 ms) links-anteriore Negativierung (*ELAN*) beobachtet werden, die auch zu einem Abbruch der nachfolgenden Prozesse aufgrund des festgestellten Fehlers führte (Friederici, Pfeifer & Hahne, 1993; Hahne, 1998; Neville, Nicol, Barss, Forster & Garrett, 1991).

Eine weitere syntaktische Komponente im EKP ist die sogenannte *LAN* (*links anteriore Negativierung*), die im Zeitfenster zwischen 300 und 500 ms auftritt, wenn z. B. Subjekt und Verb eines Satzes in ihren grammatischen Merkmalen nicht übereinstimmen (Gunter, Stowe & Mulder, 1997; Osterhout & Mobley, 1995) oder Artikel und nachfolgendes Substantiv nicht dasselbe Genus aufweisen (Gunter, Friederici & Schriefers, 2000).

<sup>2</sup>Das Beispiel stammt aus der Dissertationsschrift von Hahne (1998).

Eine dritte Komponente, die oft im Zusammenhang mit syntaktischen Fehlern gefunden wurde, ist mit Phase 3 des Satzverarbeitungsmodells von Friederici (im Druck, vgl. Kapitel 1) assoziiert: die *P600* ist eine zentro-parietal verteilte Positivierung, die ab 600 ms nach Erscheinen des Reizes auftritt. Sie wird mit Prozessen der Zusammenführung der vorhergehenden Verarbeitungsphasen und der strukturellen Reanalyse in Verbindung gebracht und tritt z. B. dann auf, wenn es syntaktische Fehler zu korrigieren gilt. Reanalyseprozesse können aber auch dann notwendig werden, wenn sich z. B. am Ende eines *Garden-Path*-Satzes (vgl. Kapitel 1) herausstellt, dass die initial gewählte syntaktische Struktur nicht auf den aktuellen Satz anwendbar war und der Satz noch einmal neu analysiert werden muss (Osterhout, Holcomb & Swinney, 1994; Vos, Gunter, Kolk & Mulder, 2001).

Die P600 tritt häufig gemeinsam mit bzw. im Anschluss an eine LAN auf (Coulson, King & Kutas, 1998; Friederici, Hahne & Mecklinger, 1996; Gunter, Stowe & Mulder, 1997; Vos, Gunter, Kolk & Mulder, 2001). Sie ist jedoch auch schon für semantische (Gunter, Stowe & Mulder, 1997) und pragmatische Verletzungen beschrieben worden (Osterhout, Bersick & McLaughlin, 1997).

### 2.2.2 Semantische Prozesse - die N400

Die wohl bekannteste sprachlich evozierbare Komponente im ereigniskorrelierten Potential ist die *N400*, eine Negativierung, die im allgemeinen zwischen 300 und 500 ms nach der Präsentation eines Wortes auf zentralen und posterioren Bereichen der Kopfoberfläche auftritt und sensitiv für semantische Manipulationen ist. Sie war die erste Komponente, die mit sprachlichen Prozessen in Zusammenhang gebracht wurde. Kutas und Hillyard (1980) stießen im Jahre 1980 auf sie, als sie in einem Experiment Sätze präsentierten, in denen Wörter auftraten, die semantisch nicht in den vorhergehenden Kontext passten.

(→) *He spread the warm bread with **socks**.*  
(*Er bestrich das warme Brot mit **Socken**.*)

Semantisch nicht passende Wörter wie *socks* erzeugten eine stärkere Negativierung als Wörter, die in einen Satz hineinpassten.

(→) *It was his first day at **work**.*  
(*Es war sein erster Tag bei der **Arbeit**.*)

Die stärkste Ausprägung der Negativierung wurde ungefähr 400 ms nach dem Erscheinen des kritischen Wortes gemessen und gab der Komponente ihren Namen: N400.

Im allgemeinen löst jedes Wort eine N400-Komponente aus, das Präsentieren eines identischen Wortes in verschiedenen kontextuellen Umgebungen führt jedoch meist zu unterschiedlich stark ausgeprägten Negativierungen. Der Unterschied zwischen stärker und schwächer ausgeprägten N400-Komponenten wird als *N400-Effekt* bezeichnet.

In den 20 Jahren seit ihrer Entdeckung ist die Literatur zur N400-Komponente sehr umfangreich geworden (Kutas & Federmeier, 2000, für einen Überblick). Es konnten N400-Effekte für verschiedenste Lautsprachen wie Englisch (Kutas & Hillyard, 1980), Deutsch (Rösler & Hahne, 1993), Niederländisch (Gunter, Jackson & Mulder, 1992) oder Japanisch (Nako & Miyatani, 1999) und für Gebärdensprache (Neville, 1985) nachgewiesen werden. Darüberhinaus mehren sich die Hinweise darauf, dass die N400 nicht -wie anfangs vermutet worden war- sprachspezifisch ist. Sie wurde, z.T. mit etwas anderer Schädelverteilung, auch für Gesichter (Barrett & Rugg, 1989), Strichzeichnungen (Federmeier & Kutas, 2001) und Musik (Kölsch, 2000, hier als N5) nachgewiesen und könnte eine spezifische Antwort des Gehirns auf Prozesse sein, die in irgendeiner Weise mit *Bedeutungsverknüpfung* in Zusammenhang stehen.

In Bezug auf die sprachlich evozierte N400 wurde gezeigt, dass sie nicht auf Sätze beschränkt ist, sondern auch bei der Präsentation von Wortpaaren oder Wortlisten (Anderson & Holcomb, 1995; Bentin, Kutas & Hillyard, 1995; Holcomb & Neville, 1990) auftritt. Darüberhinaus erwies sich, dass die N400 nicht nur auf die semantische Adäquatheit von Wörtern in Wort-, Satz- bzw. Diskurskontexten (van Berkum, Hagoort & Brown, 1999) reagiert, sondern dass sie in ihrer Amplitude auch noch von verschiedenen anderen Faktoren abhängt. Innerhalb von Sätzen ist die Negativierung z. B. umso größer, je eher in einem Satz das kritische Wort präsentiert wird (van Petten & Kutas, 1991) und umso kleiner, je mehr das kritische Wort an der Stelle seines Auftretens erwartet<sup>3</sup> wird (Kutas & Hillyard, 1984). Am Satzanfang, wenn kontextuelle Einflüsse noch nicht so stark sind, und bei Einzelwortpräsentationen ist die N400 auch durch die Gebrauchshäufigkeit eines Wortes (seine sog. *Wortfrequenz*) beeinflusst (Rugg, 1990; van Petten & Kutas, 1990). Wird ein Satz mit schlecht einpassbarem Wort wiederholt, verringert sich die durch dieses Wort hervorgerufene Negativierung<sup>4</sup> (Besson, Kutas & van Petten, 1992; Doyle, Rugg & Wells, 1996).

Die durch ein Wort ausgelöste N400 wird also von unterschiedlichen Faktoren moduliert, u. a. durch die Position des Wortes innerhalb des Kontextes, die durch vorher präsentierte Wörter aufgebaute Erwartung auf dieses Wort, durch seine semantische Passgenauigkeit in den Kontext und außerhalb von Sätzen oder an Satzanfängen auch durch die Gebrauchshäufigkeit des Wortes.

---

<sup>3</sup>Erwartungswahrscheinlichkeit, cloze probability

<sup>4</sup>Wiederholungseffekt, repetition effect

Bei dieser Aufzählung fällt auf, dass bis auf den letzten Punkt alle Einflussfaktoren kontextuelle Bezüge aufweisen. Nur die Frequenz des Wortes ist unabhängig vom aktuellen Kontext; es wird davon ausgegangen, dass die Gebrauchshäufigkeit eines Wortes im mentalen Lexikon abgespeichert ist. Diese Beobachtung lenkt auf eine Kontroverse innerhalb der N400-Literatur. Es wird diskutiert, inwiefern die N400-Komponente neben der Integration von Wörtern in einen Kontext auch den automatischen Zugriff auf ein Wort im mentalen Lexikon widerspiegeln könnte. Die Tatsache, dass die Gebrauchsfrequenz eines Wortes seine N400-Amplitude beeinflussen kann (Rugg, 1990; van Petten & Kutas, 1990), spricht dafür. Experimente mit Prime-Target-Paaren, deren Primes nicht bis zur Bewusstseinsschwelle vorgedrungen waren<sup>5</sup>, sollten zeigen, ob die N400 automatische Prozesse widerspiegelt oder an kontrollierte, post-lexikale Verarbeitung gekoppelt ist. Ersteres spricht für eine lexikalisch sensitive Komponente, letzteres dagegen. Beides wurde gefunden. Während in der Studie von Brown und Hagoort (1993) maskiert angebotene Prime-Wörter keinen N400-Effekt evozierten, berichtete Deacon (Deacon, Hewitt, Yang & Nagata, 2000), dass auch maskiert angebotene Primes einen N400-Effekt auslösten. Allerdings hatte der N400-Effekt in der Studie von Deacon (Deacon et al., 2000) mit einer fronto-zentralen bis fronto-temporalen Verteilung eine N400-untypische Topographie (vgl. Abschnitt 2.2.3). Wie die Daten von Brown und Hagoort (1993) sprachen Studien, die einen N400-Effekt nur für das mit Aufmerksamkeit belegte (Bentin, Kutas & Hillyard, 1995) oder das explizit semantische (Chwilla, Brown & Hagoort, 1995) Verarbeiten von Wörtern nachweisen konnten, für einen post-lexikalen Charakter der N400.

Bemerkenswert an der Debatte um die N400 ist zum einen der Umstand, dass trotz der umfangreichen Literatur noch immer kein Konsens über den Charakter der N400-Komponente besteht und zum anderen, dass gerade erst begonnen wird, eine Komponente zu diskutieren, die als elektrophysiologisches Korrelat für lexikale Aktivierung und Selektion in Frage käme (vgl. z. B. Hagoort & Brown, 2000, und den folgenden Abschnitt). Eine naheliegende Erklärung wäre, dass lexikalische Prozesse tatsächlich in die N400-Komponente einfließen können - als ein Prozess unter mehreren. Die N400 wäre somit weniger eine einzelne, von nur einem Prozess erzeugte Komponente, als vielmehr ein elektrophysiologisches Korrelat mehrerer lexikalisch-semantischer Prozesse, unter anderem auch des lexikalischen Zugriffs.

---

<sup>5</sup>Ein Wort kann so kurz auf einem Monitor präsentiert werden, dass es von der Versuchsperson nicht bewusst wahrgenommen wird. Oft werden dem Wort noch Störzeichen wie ### voraus- und nachgeschickt (*maskiertes Priming, masked priming*). Obwohl die Präsentationsdauer eine bewusste Wahrnehmung des Wortes verhindert, können Priming-Effekte nachgewiesen werden. Es wird vermutet, dass das kurzzeitig präsentierte Primewort automatische Aktivierungsprozesse im mentalen Lexikon auslösen kann, während Prozesse, die der bewussten Wahrnehmung des Wortes bedürfen, nicht stattfinden.

### 2.2.3 Variabilität in der N400

Auch wenn bislang kein Diskurs über eine abgrenzbare EKP-Komponente für Lexikonprozesse stattgefunden hat, gab es doch Forschung zu lexikalischen Prozessen. Das Interesse an der Verarbeitung von Wörtern hat zu einer großen Anzahl von Studien geführt (vgl. einen Überblick in van Petten & Kutas, 1991) und gezeigt, dass die Verarbeitung eines einzelnen Wortes sehr viele Teilprozesse enthält (vgl. Kapitel 1). Einige dieser Studien sind für die vorliegende Arbeit insofern interessant, als ihre Ergebnisse Negativierungen im EKP zeigen, die in einem der N400-Komponente zugeordneten Zeitfenster beobachtet wurden (Bentin, Mouchetant-Rostaing, Giard, Echallier & Pernier, 1999; Brown, Hagoort & ter Keurs, 1999; King & Kutas, 1998). In Experimenten zu Wörtern der offenen und geschlossenen Klasse<sup>6</sup> bemerkten Brown, Hagoort und ter Keurs (1999) eine frühe Negativierung, die zwischen 230 und 350 ms nach Stimulus-Präsentation auftrat. Die Komponente, die eine anterior-bilaterale Schädelverteilung aufwies, trat bei Wörtern der geschlossenen Klasse eher auf als bei denen der offenen Klasse. Unterschiede in der Amplitude der Komponenten wurden nicht gefunden. Die frühe Differenzierung der EKPs für Wörter der offenen und geschlossenen Klasse wurde als Zeichen für den Abruf kategorialer Informationen aus dem mentalen Lexikon interpretiert. Auch King und Kutas (1998) stießen auf frühe Latenzunterschiede bei Negativierungen, als sie die Verarbeitung von Wörtern der offenen und geschlossenen Klasse untersuchten. Anders als Brown et al. (1999) berichten sie jedoch, dass der Effekt, der besonders auf links-anterioren Bereichen der Kopfoberfläche gemessen wurde, nicht mit der Zugehörigkeit zur offenen oder geschlossenen Wortklasse in Zusammenhang stand, sondern mit der Gebrauchsfrequenz der Wörter.

Bentin und Mitarbeiter (1999) untersuchten die Verarbeitung von visuell präsentierten Wörtern mit dem Ziel, visuelle, phonologisch-phonetische, phonologisch-lexikalische und semantische Stufen in der Wortverarbeitung zu isolieren. Die Autoren berichten von drei Negativierungen (dort bezeichnet als N320, N350, N450) zwischen 320 und 450 ms, die phonologisch-phonetischen, phonologisch-lexikalischen und semantischen Prozessen zugeordnet werden konnten.

Auch Experimente, bei denen andere Untersuchungsmethoden zum Einsatz kamen, unterstützen die Annahme, dass lexikalisch-semantische Prozesse von Kontext-Integrationsprozessen dissoziierbar sein könnten. In einer PET-Studie ermittelten Petersen und Kollegen (Petersen, Fox, Snyder & Raichle, 1990), dass während der passiven Verarbeitung von Wörtern vermehrt Aktivierung im links-frontalen Kortex gemessen werden

---

<sup>6</sup>Zur offenen Klasse gehören diejenigen Wortarten, die jederzeit erweiterbar sind: z. B. Substantive und Verben. Die geschlossene Klasse bilden Wortarten, deren Elemente feststehen: Funktionswörter wie Präpositionen oder Artikel und Relativpronomen.

konnte, das Wahrnehmen von Pseudowörtern jedoch keinerlei Aktivierung in dieser Hirnregion auslöste. Petersen interpretierte diese Aktivierung als automatisches semantisches Priming. Pylkkänen und Kollegen versuchten mit Hilfe eines MEG<sup>7</sup>-Experiments, lexikalen Zugriff und lexikale Selektion voneinander zu trennen (Pylkkänen, Stringfellow, Kelepir & Marantz, 2001). Sie konzentrierten sich dabei auf die M350, eine anterior-temporale Komponente, die auf die Frequenz eines Wortes reagiert (Embick, Hackl, Schaeffer, Kelepir & Marantz, 2001) und kam anhand ihres Experimentes zu dem Schluss, dass die M350 lexikalen Zugriff widerspiegeln muss.

In allen eben angeführten Studien wurden lexikalische Effekte beschrieben und in Zusammenhang mit eher anterioren bzw. anterior-temporalen Komponenten im EKP oder frontalen bzw. anterior-temporalen Gehirnarealen gebracht. Andere Studien finden ähnliche Effekte, interpretieren sie jedoch als Teil der N400-Komponente (McPherson, Ackerman, Holcomb & Dykman, 1998).

Einige Veröffentlichungen setzen sich auch direkt mit der These auseinander, dass mehr als ein Prozess in die N400-Komponente einfließen könnte: Deacon und Kollegen (Deacon, Mehta, Tinsley & Nousak, 1995) berichteten, dass frontale und parietale Anteile der beobachteten Negativierungen im N400-Zeitfenster verschieden auf semantisches Priming reagierten. Während die frühere, frontale N300 durch semantisches Priming beschleunigt aber nicht minimiert wurde, reagierte die spätere, parietale N400 unter gleichen Bedingungen nur mit einer Amplitudenreduktion aber nicht einer Latenzverschiebung. Nobre und McCarthy (1994) berichteten ebenso von einer für semantisches Priming sensitiven, links fronto-temporalen Komponente, die um 330 ms nach Präsentationsbeginn auftrat (N330). Interessanterweise wurde hier eine durch semantisches Priming vergrößerte Negativierung für die N330 beobachtet, während die später folgende N400 erwartungsgemäß auf zentral-posterioren Elektroden auftrat und durch semantisches Priming minimiert wurde. Außerdem beobachteten Nobre und McCarthy (1994) die N330 nur für Wörter, die tatsächlich über semantische Merkmale verfügten und nicht für Pseudowörter. Nobre und McCarthy kommen zu dem Schluss, dass die N330 eine spezifische Komponente für lexikale Speicherungs- bzw. Zugriffsprozesse sein könnte.

Dien und Kollegen (Dien, Frishkoff & Tucker, 2000) versuchten, anhand einer Principle Component Analysis (PCA)<sup>8</sup> zu ermitteln, welche Einflüsse die früheren und späteren Negativierungen im N400-Zeitbereich widerspiegeln. Dien et al. fanden bestätigt, dass die spätere zentral-posteriore Negativierung hauptsächlich die Passgenauigkeit eines Wortes

---

<sup>7</sup>MEG - Magnetenzephalographie, die neuronale Aktivität im Gehirn erzeugt nicht nur elektrostatische Dipolfelder, sondern auch Magnetfelder. Diese können per MEG erfasst werden.

<sup>8</sup>Von einem vorliegenden Datensatz ausgehend erlaubt eine statistische Berechnung einen zweidimensionalen Blick in ein mehrdimensionales Datenfeld und damit die Isolierung und Wichtung von unabhängigen Faktoren, die zur Entstehung des Datensatzes beigetragen haben könnten.

in einem gegebenen Kontext abbildet. Die N300, die als maximal im links-temporalen Bereich beschrieben wird, spiegelt dagegen sowohl semantische Passgenauigkeit in Bezug auf den Gesamtkontext als auch die semantischen Beziehungen der Einzelwörter untereinander (die sog. *cloze probability*, *Erwartungswahrscheinlichkeit*) wider. Somit finden auch Dien et al. einen Zusammenhang zwischen lexikalisch-semantischen Prozessen und einer früheren Negativierung, während die zentral-posteriore N400 als postlexikal beeinflussbar eingeordnet wird.

Ambige Wörter sind aufgrund ihrer zwei Bedeutungen aus lexikaler und postlexikaler Sicht ein interessantes Forschungsthema. In die Spezifik ambiger Wörter führt das nächste Kapitel ein.



## Kapitel 3

# Ambige Wörter

Ein sprachlicher Ausdruck wird als *ambig* bezeichnet, wenn ihm mehr als eine Interpretation zugeordnet werden kann. So kann es sich bei dem gesprochenen Wort /*sage*/ sowohl um das Substantiv *die Sage* als auch um die gebeugte Verbform *ich sage* handeln. Diese Form der Ambiguität wird im geschriebenen Deutsch schon durch orthographische Merkmale aufgelöst, die syntaktische Umgebung trägt ebenfalls zur Unterscheidung der beiden Wörter bei. Die Auflösung der Mehrdeutigkeit von ambigen Wörtern beruht auf der Verknüpfung des ambigen Ausdrucks mit zusätzlicher Information – im Falle von /*sage*/ der Information, die ein Personalpronomen oder ein Artikel bereitstellt. Für die Untersuchung semantischer Prozesse im Arbeitsgedächtnis bediente man sich oft lexikalisch-semantischer Ambiguitäten. Diese entstehen, wenn ein Wort bei identischer Orthographie und Aussprache mehr als eine Bedeutung aufweist, wie bei *Bremse*, einem Wort, das einerseits ein Instrument zur Geschwindigkeitsverringern und andererseits ein Insekt bezeichnen kann. Viele Wörter haben mehr als eine Bedeutung, wozu der permanente Wandel in der Sprache wesentlich beiträgt (Keller, 1994).

Eine Analogiebildung hat z. B. dazu geführt, dass das Wort *Maus* derzeit zwei Bedeutungen hat, wobei die Beziehung vom Nagetier zur Bezeichnung des Computer-Eingabegerätes noch klar erkennbar ist. Solcherart entstandene mehrdeutige Wörter werden in der Linguistik als *Polyseme* bezeichnet. Polyseme entstehen, indem ein Wort von seiner ursprünglichen Bedeutung ausgehend einem weiteren Begriff zugeordnet wird (vgl. auch *Schimmel* oder *Ausschuss*) oder sich eine vorhandene Bedeutung je nach Kontext minimal verändert (vgl. *Zug*). In letzterem Falle wird allerdings eher von *Vagheit* denn von Ambiguität gesprochen (zur Abgrenzung der Begrifflichkeiten vgl. Pinkal, 1985). *Homonyme* dagegen haben zufällig dieselbe Orthographie und Lautung. So ist die Bezeichnung *Bremse* für eine Art der Stechfliegen eine Ableitung des althochdeutschen Verbs

*breman*, 'brummen, brüllen'. Sie wurde im 16. Jahrhundert aus dem Niederdeutschen in das Hochdeutsche übernommen. Die *Bremse* zur Verringerung der Geschwindigkeit dagegen entstand im Mittelniederdeutschen aus dem Verb *pramen*, 'pressen, drücken' und wurde im Spätmittelhochdeutschen als *bremse* oder *prems* auf den Maulkorb bzw. die Zügel ausgeweitet, die zur Bändigung wilder Pferde eingesetzt wurden (Pfeifer, 1990).

Für die Untersuchung ambiger Wörter in Bezug auf ihre Verarbeitung im Sprachsystem ist die Entstehung der Ambiguität weniger von Interesse. Die damit verknüpfte lexikographische Diskussion jedoch – ein Eintrag im Lexikon oder zwei – weist auf einen wichtigen Aspekt bei der psycholinguistischen Betrachtung ambiger Wörter hin. Wenn das mentale Lexikon über voneinander abgrenzbare 'Einträge' verfügt, könnten ambige Wörter mit einem Eintrag verzeichnet sein, der zwei unterschiedliche semantische Beschreibungen aufweist. Es könnten aber auch zwei Einträge vorliegen, deren phonologische und orthographische Merkmale identisch sind.

### 3.1 Zur Semantik ambiger Wörter

Viele sprachliche Ausdrücke weisen ein Bedeutungskontinuum auf, sie sind semantisch vage.

(→) *Die Schule...*

(→) *steht am nördlichen Ende des Dorfes.*

(→) *dient der Ausbildung der Kinder.*

(→) *macht ihr Spaß.*

Vage Ausdrücke und ambige Wörter sind semantisch unterspezifiziert, d. h. die Präsentation des Wortes allein reicht nicht aus, um eindeutig auf ein bestimmtes Objekt zu verweisen. Im obigen Beispiel wird in jedem Satz ein etwas anderer Aspekt des Konzepts *Schule* angesprochen: das Gebäude, das System, der konkrete Unterricht. Die Auflösung dieser lexikalischen Vagheit geschieht durch kontextuelle Information, allerdings ist dies für ein grundsätzliches Verständnis des Ausdrucks oftmals nicht erforderlich, da die in allen Varianten des Bedeutungskontinuums enthaltenen semantischen Merkmale eine akzeptable Interpretation ermöglichen. Für vage Ausdrücke wird meist ein gemeinsamer Eintrag im mentalen Lexikon angenommen.

Das Kriterium der Überlappung semantischer Merkmale bietet sich zur Abgrenzung von vagen und ambigen Ausdrücken an. Für die vorliegende Arbeit soll ein Wort genau dann als ambig bezeichnet werden, wenn die Überlappung seiner semantischen Merkmalsbündel Null (oder zumindest nahe Null) ist. Das ist nach Pinkal (1985) dann der Fall, wenn die Präzisierungen der Wortbedeutungen nicht miteinander vereinbar sind, wenn es

also z. B. bei einmaligem syntaktischen Vorkommen des ambigen Wortes nicht möglich ist, beide Bedeutungen sinnvoll in einen Satzkontext einzusetzen:

(→) \**Andreas eröffnete den Ball und Stefan schoss ihn ins Tor.*

Zur Präzisierung eines ambigen Wortes können unter Umständen geringe Informationseinheiten ausreichen, denn wenn sich die semantischen Merkmalsbündel der Wortbedeutungen stark voneinander unterscheiden, kann das Ansprechen eines Bruchteils des semantischen Spektrums einer Bedeutung zur Auflösung der Unterspezifizierung, der *Disambiguation* des ambigen Wortes, führen.

Bei ambigen Wörtern, die neben unterschiedlichen semantischen Merkmalsbündeln auch unterschiedliche Wortformmerkmale aufweisen, kann auch ein syntaktisches Kriterium wie die Satzstruktur für die Disambiguierung ausreichend sein:

(→) *Die Schwester mäht den Rasen.*

(→) *Die Mutter soll nicht rasen.*

### 3.1.1 Ambige Substantive in Sätzen

Ein ambiges Wort kann im Prinzip durch jedes andere Inhaltswort eines Satzes oder Kontextes disambiguiert werden.

(→) *Sie sah den Boxer.*

(→) *Sie sah den Boxer im Ring stehen.*

Im ersten Beispielsatz ist *Boxer* unterspezifiziert, d. h., es kann nicht entschieden werden, welche der beiden *Boxer*-Bedeutungen die relevante ist. Im zweiten Beispielsatz verfügt *im Ring* über semantische Information, die zur Identifizierung der intendierten Wortbedeutung von *Boxer* beitragen kann. Diese Information disambiguiert *Boxer* als in seiner 'Sportler'-Bedeutung verwendet. Wird jetzt jedoch das unspezifische Verb *stehen* durch das disambiguierende *bellen* ersetzt

(→) *Sie sah den Boxer im Ring bellen.*

verliert *im Ring* durch die Verbsemantik, die die 'Hund'-Lesart von *Boxer* unterstützt, seinen disambiguierenden Einfluss. Demnach sind einige Elemente im Satz besonders prädestiniert, eine Disambiguierung hervorzurufen. Auf Satzebene ist es bevorzugt das Hauptverb, das mit seiner Semantik über die intendierte Bedeutung des ambigen Wortes entscheidet. Wenn durch das Verb eindeutig auf eine Bedeutung Bezug genommen wird, verlieren, wie das Beispiel demonstriert hat, andere sprachliche Elemente ihre disambiguierende Kraft.

Diese herausgehobene Bedeutung des Verbs eröffnet eine interessante Möglichkeit, die semantische Verarbeitung ambiger Wörter zu beobachten. So kann nach einem Wort wie *Schloss* ein Substantiv präsentiert werden, das auf *eine* Bedeutung des ambigen Wortes hinweist

(→) *Das Schloss wurde vom Chef des Schlüsseldienstes...*

aber durch das darauffolgende Verb nicht bestätigt wird.

(→) *... bewohnt.*

Anhand eines solchen Paradigmas wurde in den drei Satzexperimenten (vgl. Kapitel 8, 9, 10) der vorliegenden Arbeit untersucht, welchen Einfluss der Satzkontext auf das Aktivationsniveau der beiden Bedeutungen von ambigen Wörter hat.

### 3.1.2 Ambige Substantive in Komposita

Der großen Disambiguierungskraft des Hauptverbs im Satz kann allerdings ein Phänomen auf Wortebene zuvorkommen. Im Deutschen stellt die rechte von zwei Konstituenten eines Kompositums (z. B. *Ausschusssitzung*) die für die Interpretation des gesamten Wortes bestimmenden semantischen Merkmale und dessen gesamte grammatische Spezifikation zur Verfügung (vgl. die Erörterung zu Komposita in Kapitel 5). Die Semantik der Kopfkongruente entscheidet also, in welcher Bedeutung ein ambiges Wort, das als erster Teil des Kompositums gebraucht wurde, disambiguiert werden muss. Mit seiner Bedeutung wiederum ergänzt der ambige Determinierer die Semantik des Kompositum-Kopfes. Das Zusammenwirken der beiden Konstituenten soll Tabelle 3.1.2 verdeutlichen.

Determinierer	Kopf	Determinierer-Bedeutung
Ausschuss	Produktion	Abfall
Ausschuss	Sitzung	Gremium
Ausschuss	Protokoll	?

Wie die Beispiele in Zeile 1 und 2 der Tabelle zeigen, wird automatisch die für den Kopf semantisch passende der zwei zur Auswahl stehenden Bedeutungen eingesetzt. Liefert die Kopfkongruente keine ausreichenden Anhaltspunkte für die Einsetzung einer der beiden Bedeutungen (Zeile 3 der Tabelle), wird die Ambiguität nicht aufgelöst und in den Satzkontext hineingetragen. Wird sie jedoch gelöst, kann auch semantisch gegenläufige Information des Hauptverbs im Satz daran nichts mehr ändern:

(→) \* *Die Ausschussproduktion wurde geschwänzt.*

Hier disambiguiert die Kopfkongstituente (*Produktion*) *Ausschuss* in seiner 'Abfall'-Bedeutung und das Verb, das semantisch auf die 'Sitzungs'-Bedeutung Bezug nimmt, kann diese Disambiguierung nicht mehr umkehren.

Mit der direkten Einflussmöglichkeit des Kopfes auf die Auswahl der Bedeutung des Determinierers sind Komposita eine zweite interessante Möglichkeit, die Verarbeitung ambiger Wörter zu untersuchen. Denn im Gegensatz zur Disambiguierung auf Satzebene ermöglichen Komposita eine sofortige endgültige Disambiguierung eines noch im Verarbeitungsprozess befindlichen ambigen Wortes und erlauben somit, den direkten Einfluss kontextueller Information auf die Verarbeitung der Wortbedeutungen zu beobachten. Mit einem derartigen Kompositionsparadigma arbeiteten die in Kapitel 7 dokumentierten Experimente.

## 3.2 Ambige Wörter in der Psycholinguistik

### 3.2.1 Modelle zur Verarbeitung ambiger Wörter

Kontextuelle Informationen bestimmen häufig schon vor der Präsentation des ambigen Wortes, welche seiner Bedeutungen in einem speziellen Kontext relevant sein wird:

(→) *Das Fahrrad verfügte schon lange nicht mehr über eine funktionierende Bremse.*

Psycholinguistische Experimente haben allerdings Hinweise darauf erbracht, dass das Lesen eines ambigen Wortes auch in derart klaren Kontexten erst einmal zur Aktivierung beider Bedeutungen führt (Conrad, 1974; Swinney, 1979).

Onifer und Swinney (1981) berichteten über ein Experiment, bei dem die Versuchspersonen Sätze hörten wie

(→) *For several weeks following the exterminator's visit they did not find a single BUG anywhere in the apartment. (Noch einige Wochen nach dem Besuch des Kammerjägers fanden sie keine einzige WANZE in der Wohnung.)*

oder

(→) *For several months following the discovery that they were being watched by the C.I.A. they kept checking the phone for a BUG or phone tap. (Noch Monate nach der Entdeckung, dass der C.I.A. sie abgehört hatte, untersuchten sie das Telefon nach WANZEN oder Abhöreinrichtungen.)*

Simultan mit dem Abspielen des ambigen Wortes (*bug*, *Wanze*) wurde auf einem Monitor ein Targetwort gezeigt, und die Versuchspersonen sollten darüber eine lexikale Entscheidungsaufgabe ausführen<sup>1</sup>. Swinneys Experiment ergab, dass die Versuchspersonen Targetwörter schneller erkannten, wenn sie zu einer der beiden Bedeutungen des ambigen Wortes in Verbindung standen – unabhängig vom jeweiligen Kontext. Swinney schloss daraus, dass die Bedeutungen eines ambigen Wortes in einer frühen Phase kontextunabhängig im mentalen Lexikon aktiviert werden. In einem zweiten Durchlauf des Experiments wurden die visuellen Targetwörter erst 4 Silben nach dem ambigen Wort angeboten. Nun erzeugten nur noch die kontextadäquaten Targets beschleunigte Reaktionszeiten. Auf der Grundlage dieser Beobachtungen entwickelte Swinney das *Modell des vollständigen Zugriffs*, *exhaustive access model*. Es beschreibt den Prozess der Bedeutungsaktivierung bei ambigen Wörtern als einen biphasischen. In der ersten, maximal 200 ms dauernden Phase werden *alle* Bedeutungen eines ambigen Wortes aktiviert. Danach erfolgt die Ermittlung der kontextadäquaten und die Deaktivierung der kontextuell irrelevanten Bedeutung. Dieses Modell wurde von vielen Studien bestätigt (Conrad, 1974; Simpson, 1981; Seidenberg, Tanenhaus, Leiman & Bienkowski, 1982; van Petten & Kutas, 1987), doch obwohl die Akzeptanz des Swinneyschen Modells sehr groß ist, gibt es auch Gegenvidenz.

Wie für die Satzverarbeitung oder die Verarbeitung von semantisch eindeutigen Wörtern (vgl. Kapitel 1), treffen in Bezug auf die initiale Aktivierung bei ambigen Wörtern interaktive und autonome Modellvorstellungen aufeinander. Während das *Modell des vollständigen Zugriffs* eine vollständig automatisierte und nicht kontextuell beeinflussbare erste Phase des lexikalen Zugriffs nahelegt, haben andere Studien Belege für Kontexteinflüsse auf früheste Prozessstadien erbracht. Mitte der 70er Jahre hatten Schvaneveldt und Kollegen (Schvaneveldt, Meyer & Becker, 1976) in einem Wortpräsentationsexperiment gezeigt, dass ein Wort wie *save* (*sparen*), nicht jedoch ein Wort wie *river* (*Fluss*), vor einem ambigen Wort wie *bank* (*Geldinstitut* bzw. *Ufer*) zu beschleunigten Reaktionszeiten für ein darauffolgendes *money* (*Geld*) führte. Daraus abgeleitet wurde das *kontextbasierte Modell*, *context dependent model*, welches dem Kontext die entscheidende Rolle bei der Aktivierung der passenden Bedeutung eines ambigen Wortes zuschreibt. Eine (partielle) Wiederaufnahme erfuhr es mit den Studien von Tabossi (Tabossi, 1988; Tabossi & Zardon, 1993). Hier wurden in mehreren Experimenten Hinweise darauf gefunden, dass

---

<sup>1</sup>Die Versuchspersonen bekommen Buchstabenketten gezeigt, die entweder ein existierendes Wort (wie *Tisch*) darstellen oder eine phonologisch mögliche Buchstabenverbindung, die jedoch keine Bedeutung zugeordnet ist (ein *Pseudowort*, z. B. *Malg*). Sie reagieren, indem sie bei einem Wort den einen Knopf, bei einem Pseudowort einen anderen Knopf einer Tastatur drücken. Die Zeit, die bis zum Tastendruck vergeht, wird registriert. Diese Versuchsanordnung wird häufig in Kombination mit Untersuchungen zum semantischen Priming (vgl. Kapitel 1) angewendet.

ein stark auf die höher frequente Bedeutung ausgerichteter Kontext die Aktivierung der weniger häufig benutzten Bedeutung des ambigen Wortes verhindern konnte. Vu, Kellas und Paul (1998) berichteten in einer Studie von einem Experiment, in dem es gelang, die Aktivierung beider jeweils kontextuell nicht unterstützter Bedeutungen zu verhindern. In der Frage des kontextuellen Einflusses auf die früheste Prozessphase gibt es also auch in Bezug auf ambige Wörter kein allgemein akzeptiertes Modell.

Neben dem Kontext wurde die Frequenz der Wortbedeutungen ambiger Wörter in viele Studien einbezogen, was zur Entwicklung weiterer Aktivierungsmodelle führte. Viele ambige Wörter haben eine Bedeutung, die in der Alltagssprache häufiger verwendet wird (die sog. *dominante* Bedeutung, z. B. der *Ball* zum Spielen) und eine zweite, weniger frequente (die *subordinierte* Bedeutung, z. B. der *Ball*, auf dem getanzt wird). In vielen Veröffentlichungen wurde beschrieben, dass die dominante Bedeutung ambiger Wörter schneller bzw. besser verarbeitet werden kann als die subordinierte (Forster & Bednall, 1976; Hagoort & Brown, 1994; Hogaboam & Perfetti, 1975; Holmes, 1979). Auf die Befunde der 70-er Jahre aufbauend wurde das *Modell des listenbasierten Zugriffs*, *ordered-access model*, entwickelt. In diesem Modell wurde die Frequenz der Wortbedeutungen zum ausschlaggebenden Parameter für die Aktivierungsprozesse bei ambigen Wörtern erklärt. Die Bedeutung mit der größten Gebrauchshäufigkeit würde als erste aktiviert und nur wenn diese nicht in den Kontext integrierbar wäre, würde die zweithäufigste Bedeutung folgen. Mit dem *reordered access model* (Duffy, Morris & Rayner, 1988) wurde anerkannt, dass neben der Frequenz der jeweiligen Bedeutungen der Kontext die Aktivierung der beiden Wortbedeutungen beeinflussen kann: es wurde angenommen, dass für ambige Wörter mit gleich frequenten Bedeutungen der Kontext die entscheidende Rolle spielt, während bei ambigen Wörtern mit dominanter und subordinierter Bedeutung die Frequenz der entscheidende Parameter sei.

Eine Studie von Simpson und Krueger (1991) untermauerte die wichtige Rolle der Bedeutungsfrequenzen bei der Verarbeitung ambiger Wörter. In neutralen Kontexten waren zwar in Übereinstimmung mit dem Swinneyschen Modell beide Bedeutungen der ambigen Wörter aktiviert (Swinney, 1979). Darüberhinaus zeigte sich aber die dominante Bedeutung eher und länger aktiviert als die subordinierte.

Somit liegen viele Belege dafür vor, dass die Frequenz der Bedeutungen die Aktivierungsprozesse bei ambigen Wörtern zumindest so lange beeinflussen kann, wie keine stärkere kontextuelle Information vorliegt. Dissenz herrscht über den Zeitpunkt, zu dem kontextuelle Einflüsse wirksam werden können – erst ab 100 bis 200 ms nach Wortpräsentation oder schon eher.

Die bis hierher diskutierten Modelle wurden überwiegend mit Hilfe behavioraler Experimentmethoden belegt. Nur wenige Studien zu ambigen Wörtern haben EKPs zur Be-

obachtung der beiden Bedeutungen ambiger Wörter eingesetzt. Diese werden im nächsten Abschnitt vorgestellt.

### 3.2.2 Ambige Wörter im EKP

Bislang liegen drei EKP-Studien zu ambigen Wörtern vor (Hagoort & Brown, 1994; Swaab, Brown & Hagoort, 1998; van Petten & Kutas, 1987, 1989, mit einer speziellen Diskussion zu Aktivierungsprozessen). In einer Studie von van Petten und Kutas wurden den Versuchspersonen visuell Sätze präsentiert, deren letztes Wort ambig war. Mit 216 oder 700 ms SOA<sup>2</sup> folgten Targetwörter, die entweder einen semantischen Bezug zu einer der beiden Bedeutungen des ambigen Wortes hatten oder unrelatiert zu beiden waren. Bei 700 ms SOA wurden die Targets, die zur irrelevanten Bedeutung des ambigen Wortes in Beziehung standen, wie unrelatierte Kontrollwörter verarbeitet. Bei 216 ms SOA jedoch konnte eine minimierte N400-Komponente für *beide* zum ambigen Wort in Verbindung stehende Targets beobachtet werden. Interessanterweise unterschied sich die N400-Komponente für die kontextadäquate Bedeutung (in diesem Fall war dies die subordierte) schon 200 ms eher von den unrelatierten Kontrollreizen als die der kontextuell irrelevanten. Die Studie bestätigt somit zuallererst, dass auch unter kontextuellem Einfluss beide Bedeutungen des ambigen Wortes aktiviert werden, wie Swinney (1979) es vermutet hatte. Darüberhinaus weist der Latenzunterschied der beiden N400-Effekte jedoch auf frühe kontextuelle Einflüsse bei der Verarbeitung des ambigen Wortes hin.

In einer anderen Veröffentlichung berichteten Hagoort und Brown (1994) ebenfalls über ein visuell präsentiertes Satzexperiment. Ambige Wörter wurden nach semantisch neutralem Satzanfang in der Satzmitte angeboten und ihre EKPs mit denen unambiger Kontrollwörter verglichen. Es zeigte sich, dass ambige Wörter eine stärkere N400-Komponente hervorriefen als Wörter, die nur eine Bedeutung hatten. Die Autoren interpretierten diesen Befund als Zeichen für die vermehrte Aktivierung aufgrund der komplexeren semantischen Information, die ambige Wörter im Vergleich zu unambigen hervorrufen. Auf der im weiteren Verlauf des Satzes folgenden Disambiguierungsposition wurde beobachtet, dass die dominante Bedeutung der ambigen Wörter einfacher in den Kontext des Satzes integriert werden konnte als die subordinierte.

In einer dritten Studie untersuchten Swaab, Brown und Hagoort (1998) die Verarbeitung ambiger Wörter bei einer Gruppe älterer Menschen und bei Personen, die an einer Broca-Aphasie<sup>3</sup> litten. Dabei boten sie auditiv Sätze an, die mit einem ambigen

---

<sup>2</sup>Stimulus Onset Asynchrony, Zeitversetzung ab Beginn des vorhergehenden Wortes

<sup>3</sup>Aphasie: Auf eine Schädigung des Gehirns zurückzuführende Sprachstörung, bei der Broca-Aphasie klassischerweise verbunden mit Sprachproduktionsstörungen, wie dem sog. "Telegrammstil" und kurzen, ungrammatischen Sätzen.

Wort endeten. Mit 100 oder 1250 ms Abstand zum Satzende folgte ebenfalls auditiv ein Targetwort, das eine semantische Beziehung zu einer der Bedeutungen aufwies. Bei der Broca-Gruppe zeigten sich bei 100 ms Inter-Stimulus-Intervall<sup>4</sup> (ISI) beide Bedeutungen des ambigen Wortes aktiviert, d. h., es konnten keine Anzeichen für eine Selektion der kontextadäquaten Bedeutung registriert werden. Die Gruppe älterer Kontrollpersonen zeigte zu diesem Zeitpunkt nur (noch?) für die kontextuell passende Bedeutung eine minimierte N400-Komponente. Bei 1250 ms Interstimulusintervall war in beiden Gruppen nur noch die kontextuell relevante Bedeutung aktiviert. Wie die EKP-Studie von van Petten und Kutas (1987) liefert diese Studie sowohl Hinweise auf eine automatische Aktivierung beider Bedeutungen (bei der Gruppe mit Broca-Aphasie) als auch Belege für den raschen Einfluss kontextueller Informationen (bei den älteren Kontrollpersonen). Die vorliegenden EKP-Experimente konnten somit die Kontroverse um frühe kontextuelle Einflüsse bei der Verarbeitung ambiger Wörter nicht beenden: Die Daten von van Petten und Kutas (1987) sprechen für sehr frühe kontextuelle Einflüsse, diejenigen von Swaab und Kollegen (Swaab, Brown & Hagoort, 1998) zumindest partiell für ein 2-Phasen-Modell mit einer kontextunabhängigen ersten Phase. Die Studie von Hagoort und Brown (1994) belegt darüberhinaus den Einfluss der Frequenz der beiden Bedeutungen auf deren Verarbeitung und Integrierbarkeit in den Satzkontext.

Bislang existierten noch keine EKP-Befunde zur Verarbeitung ambiger Wörter unabhängig von Satzkontexten. In dieser Hinsicht wurde mit der vorliegenden Arbeit Neuland betreten. Zwei Experimente, in denen die Verarbeitung ambiger Wörter im Wortkontext untersucht wurden, sind in den Kapiteln 6 und 7 beschrieben.

Experimente mit ambigen Wörtern dienten in einigen Fällen nicht nur der Erforschung der Prozesse, die direkt mit der Verarbeitung mehrdeutiger Wörter verbunden sind. Ambige Wörter wurden auch eingesetzt, um die Mechanismen zu entschlüsseln, die die Verarbeitung von Informationseinheiten im Arbeitsgedächtnis steuern. Da bekannt ist, dass Menschen unterschiedlich gute verbale Arbeitsgedächtnis-Leistungen erbringen und darüberhinaus kontrolliert werden kann, an welcher Stelle innerhalb eines Satzes eine lexikalische Ambiguität aufgelöst wird, bieten sich ambige Wörter zur Untersuchung des Einflusses von Arbeitsgedächtnisprozessen auf die Sprachverarbeitung an. Das Konzept des Arbeitsgedächtnisses und der Stand der Forschung auf diesem Gebiet werden im folgenden Kapitel diskutiert.

---

<sup>4</sup>Inter-Stimulus-Intervall, Zeitraum zwischen Ende des Primes und Beginn des Targets.



# Kapitel 4

## Das Arbeitsgedächtnis

### 4.1 Sprache und Arbeitsgedächtnis

Das Verstehen von Sprache beruht nicht nur auf dem Verstehen einzelner Wörter. Fundamental für das Sprachverstehen ist die Verknüpfung der einzelnen Elemente zu größeren Einheiten wie Sätzen oder ganzen Diskursen. Das Integrieren eines neuen Wortes in einen bestehenden Kontext kann allerdings nur dann gelingen, wenn der bereits präsentierte Teil eines Satzes noch aktiviert und offen für die Verknüpfung mit neuen Elementen ist. Solange z. B. ein ambiges Wort innerhalb eines Satzes nicht disambiguiert wurde, muss es interpretierbar bleiben. Sprachverarbeitung benötigt also einen flexiblen Speicher, in dem die gerade verarbeiteten Elemente abgelegt und mit neuen Informationen verknüpft werden können. Ohne diesen Speicher würde Sprache aus zusammenhanglosen Einzelelementen bestehen und nur über ein Bruchteil ihrer kommunikativen Eigenschaften verfügen. Der Speicher, der das kurzzeitige Ablegen von Informationseinheiten und deren Verknüpfung ermöglicht, wird als *Arbeitsgedächtnis* bezeichnet.

Systematische Untersuchungen des menschlichen Kurzzeitspeichers wurden schon Ende des 19. Jahrhunderts durchgeführt (vgl. z. B. Ebbinghaus, 1992, Neuauflage der 1. Auflage von 1885). 1890 beschrieb James neben einem Langzeit-Speichersystem (*secondary memory*) erstmals eine spezielle Gedächtnisstruktur zur Speicherung flüchtiger Informationseinheiten, das *primäre Gedächtnis* (*primary memory*, James, 1890/1950):

Any state of mind which is shut up to its own moment and fails to become an object for succeeding states of mind, is as if it belonged to another stream of thought. Or rather, it belongs only physically, not intellectually, to its own stream, forming a bridge from one segment of it to another.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Jeder Geisteszustand der ganz in sich abgeschlossen ist und nicht Teil nachfolgender Geisteszustände wird,

In den zurückliegenden 120 Jahren wurden unzählige Beiträge über das Gedächtnis veröffentlicht. Die von James (James, 1890/1950) eingeführte Unterscheidung in Strukturen für dauerhaftes und flüchtiges Speichern von Informationen wurde dabei zunehmend untermauert. Bei der Entwicklung von Gedächtnismodellen wurde die unterschiedliche Speicherdauer von Informationseinheiten zum entscheidenden Kriterium.

## 4.2 Gedächtnismodelle

Die meisten Gedächtnismodelle, die seit Mitte des 20. Jahrhunderts diskutiert wurden, gingen von der Existenz eines Lang- und eines Kurzzeitspeichers aus. Atkinson und Shiffrin (1968) z. B. postulierten mit dem *Modal Model* drei Gedächtnis-Hauptkomponenten: Über mehrere parallel geschaltete *sensorische Eingangssysteme* gelangt Information zunächst in einen kapazitätsbeschränkten *Kurzzeitspeicher*. Nur von dort aus können die Informationseinheiten in das *Langzeitgedächtnis* übergehen. Der Kurzzeitspeicher fungiert in diesem Modell zum einen als Filter für die Informationseinheiten, die für das Langzeitgedächtnis relevant sein könnten, zum anderen dient er als Basis für Abrufprozesse und als Arbeitsgedächtnis. Craig und Lockhart zeigten jedoch, dass für den Übergang einer Informationseinheit vom Kurzzeit- in das Langzeitgedächtnis nicht deren Behaltensdauer im Kurzzeitspeicher ausschlaggebend ist, wie dies im *Modal Model* angenommen worden war, sondern die Tiefe ihres Prozessierens (Craig & Lockhart, 1972).

Aktuelle Gedächtnismodelle gehen ebenfalls von einer zeitlich orientierten Dreiteilung bei der Speicherung von Informationen aus. Sehr flüchtig sind Informationen in *sensorischen Speichereinheiten*, über die neue Reize aufgenommen werden. Angenommen werden getrennte Systeme für visuelle und auditive Reize (*ikonisches* und *Echogedächtnis*, *iconic* und *echoic memory*), aber auch für z. B. taktile Informationen. Dabei ist das Echogedächtnis mit einer maximalen Speicherzeit von ungefähr zehn Sekunden (Samms, Hari, Rif & Knuutila, 1993; Boettcher-Gandor & Ullsperger, 1993) sehr gut an die serielle und damit vergleichsweise lange Präsentationsdauer auditorischer Reize angepasst. Die Speicherdauer des visuellen Eingangssystems wird dagegen mit weniger als einer Sekunde beschrieben (für Überblicksdarstellungen vgl. Baddeley, 1997; Gazzaniga, Ivry & Mangun, 1998). Dies wiederum harmoniert mit der Tatsache, dass die visuelle Erfassung eines Wortes oft nur 200-300 ms dauert (Sereno, Rayner & Posner, 1998).

Von *Langzeitspeicherung* wird im allgemeinen dann gesprochen, wenn es um das dauerhafte Behalten von Information geht (für einen Überblick und Erkenntnisse in Bezug

---

ist, als ob er zu einem ganz anderen Gedankenstrom gehörte. Eher noch, dass er nur physikalisch, nicht intellektuell, zu seinem eigenen Gedankenstrom gehört, eine Brücke von einem Segment zum nächsten errichtend. (Übersetzung S.W.)

auf individuelle Unterschiede vgl. Bors & MacLeod, 1996). *Implizites* (nicht deklaratives oder auch *indirektes*) Wissen wird als nicht bewusst zugänglich angesehen. Im allgemeinen werden Fähigkeiten wie z. B. Fahrradfahren oder das schnellere Wiedererkennen von schon einmal wahrgenommenen Objekten zu implizitem Wissen gerechnet. *Explizites* (auch: *deklaratives* oder *direktes*) Wissen ist dagegen als solches bewusst zugänglich: die Erinnerung an ein bestimmtes Gespräch oder das Wissen über den Ablauf der Photosynthese. Tulving (1972) schlug eine weitere Unterteilung expliziten Wissens vor, indem er für autobiographische, nur für und durch eine Person existierende Erfahrungen wie ein Gespräch, an das sie sich erinnert, den Terminus *episodisches Wissen* (*episodic memory*), für das Wissen über Dinge wie die Photosynthese aber die Bezeichnung *semantisches Wissen* (*semantic memory*) prägte.

Die enge Verknüpfung von Wortbedeutungen mit der allgemeinen Kenntnis der Welt (dem *Weltwissen*) erschwert eine Zuordnung des sprachlichen semantischen Wissens zu einer speziellen Struktur des Langzeitgedächtnisses. In einigen Modellen werden semantische Merkmale als Teil sprachlichen Wissens kaum von konzeptuellem Wissen über die Welt getrennt (Labov, 1973; Aitchison, 1994, für einen Überblick). Andere Modelle unterscheiden dagegen in sprachliches und konzeptuelles Wissen (Bierwisch & Schreuder, 1992; Katz & Fodor, 1963).

Das Kurzzeitgedächtnis als drittes Gedächtnismodul ordnet sich zeitlich zwischen sensorischem und Langzeitspeicher ein. Es kann eine begrenzte Menge von Informationen für maximal 20 bis 30 Sekunden speichern (Cowan, 1996). Dies kann z. B. beim Addieren zweier Zahlen im Kopf oder zum kurzzeitigen Behalten einer im Telefonbuch nachgeschlagenen Telefonnummer notwendig sein. Wie die Beispiele zeigen, ist das Speichern von Informationen im Kurzzeitgedächtnis häufig eng mit dem Ausführen kognitiver Aufgaben verbunden. Im Kurzzeitgedächtnis werden daher nicht nur passiv Informationen gespeichert, sie werden auch aktiv miteinander verknüpft. Bei der Verarbeitung von Sprache werden die einzelnen Wörter im Kurzzeitgedächtnis abgelegt und dort zu einem Kontext zusammengefügt. Mit dem Konzept des "Arbeitsgedächtnisses" wurde ein Modell zur Beschreibung der Funktionen des Kurzzeitspeichers entwickelt, das im nächsten Abschnitt umrissen wird.

### 4.3 Arbeitsgedächtnis-Modelle

Der Terminus *Arbeitsgedächtnis* weist - im Gegensatz zu *Kurzzeitgedächtnis* - auf die funktionale Ausrichtung des zugrundeliegenden Modells hin. Als Hauptfunktionen des Arbeitsgedächtnisses werden das Aktivhalten und die Verknüpfung von Informationseinheiten angesehen. Man geht davon aus, dass eine passive Speicherkomponente und eine

aktive Prozesskomponente die Grundlage für die Prozesse des Arbeitsgedächtnisses bilden (Longoni, Richardson & Aiello, 1993; Jonides & Smith, 1997).

Behaviorale Belege für die funktionelle Unterscheidung von Speicher- und Prozesskomponente lieferten Longoni und Kollegen (Longoni, Richardson & Aiello, 1993). Sie testeten, ob Wortlängen<sup>2</sup>- und phonologischer Gleichheitseffekt<sup>3</sup> voneinander unabhängig sind. Der Wortlängeneffekt wird als Zeichen für die begrenzte Kapazität der aktiven Informations-Auffrischungskomponente (*rehearsal*) interpretiert. Der phonologische Gleichheitseffekt dagegen wird als Ausdruck von Interferenz in der passiven Speicherkomponente des Arbeitsgedächtnisses interpretiert. Longoni und Kollegen konnten zeigen, dass Wortlängen- und phonologischer Gleichheits-Effekt unabhängig voneinander induzierbar sind (vgl. auch Oberauer, Demmrich, Mayr & Kliegl, 2001, mit einer ähnlichen Schlussfolgerung anhand von Experimenten zur mentalen Arithmetik).

Auch neuropsychologische Belege für die Existenz einer aktiven und einer passiven Komponente des Arbeitsgedächtnisses wurden veröffentlicht. So werden in fMRT-Studien, die das Aktivhalten und Prozessieren von Information untersuchten, übereinstimmend Aktivierung im dorsolateralen und ventrolateralen präfrontalen Kortex berichtet (D'Esposito, Postle & Rypma, 2000). Wird darüber hinaus ein aktives Verarbeiten der Informationseinheiten erforderlich, steigt die Aktivierung vor allem im dorsolateralen Anteil des präfrontalen Kortex (vgl. Abbildung 4.1).

Die Arbeitsgedächtnismodelle berücksichtigen die Unterscheidung in aktive Prozess- und passive Speicherkomponente. Das erste derartige Modell wurde 1974 von Baddeley und Hitch (1974) vorgestellt. Es ist in seinen Grundannahmen auch heute weitgehend akzeptiert. Nach diesem Modell werden eine *artikulatorische Schleife* (*articulatory* oder *phonological loop*) und ein *visuell-räumlicher Notizblock* (*visuo-spatial scetch pad*) als Speichersysteme für modalitätsspezifische Informationseinheiten (vgl. auch Engle, Tuholski, Laughlin & Conway, 1999) durch die *zentrale Exekutive* (*central executive*) kontrolliert. Vor allem in neueren Veröffentlichungen unterteilt Baddeley sowohl das phonologische als auch das visuelle Speichersystem noch einmal in einen passiven Speicher und eine Komponente, die aktiv Informationseinheiten im Arbeitsgedächtnis hält (Baddeley & Logie, 1999).

Die zentrale Exekutive ist in Baddeleys Modell die Instanz, die alle Prozesse im Arbeitsgedächtnis kontrolliert. Sie wird als kapazitätslimitiert angesehen. Die zentrale Exekutive überwacht neben Aufmerksamkeitsprozessen und Prozessen in den untergeordne-

---

<sup>2</sup> Der *Wortlängeneffekt* (*word length effect*, Baddeley, Thomson & Buchanan, 1975) beruht auf der Beobachtung, dass die Anzahl der memorierbaren Wörter mit zunehmender Wortlänge abnimmt.

<sup>3</sup> Der *phonologische Gleichheitseffekt*, (*phonemic similarity effect*) beruht auf der Tatsache, dass phonologisch ähnliche Wörter schlechter memoriert werden können also solche ohne phonologische Überlappung (Conrad, 1964).

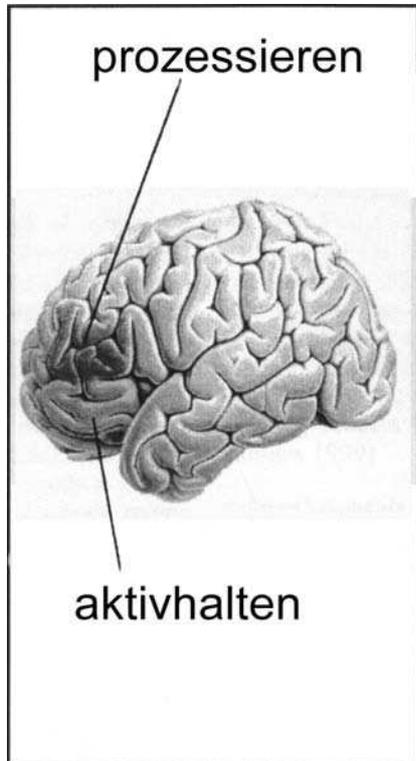


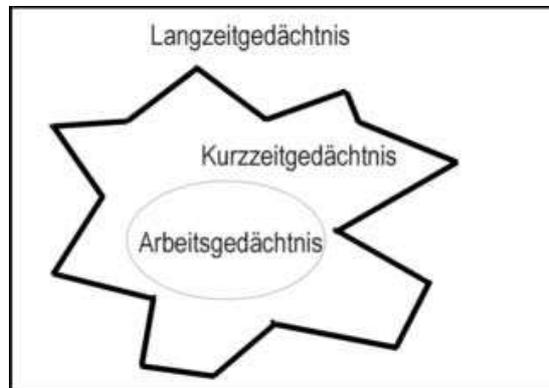
Abbildung 4.1: D'Esposito und Kollegen fanden vor allem den dorsolateralen präfrontalen Kortex aktiviert, wenn aktiv gehaltene Information im Arbeitsgedächtnis aktiv verarbeitet werden musste. Dorso- und ventrolaterale Anteile des präfrontalen Kortex' zeigten Aktivierung beim passiven Speichern von Buchstabenfolgen. (Quelle: D'Esposito, Postle & Rypma, 2000, übersetzt und leicht bearbeitet)

ten Speichereinheiten das Aktivieren und Aktivhalten von Informationseinheiten. Dies könnten z. B. die beiden Bedeutungen eines ambigen Wortes sein. Der zentralen Exekutive kommt in diesem Modell also eine entscheidende Bedeutung zu. Sie ist jedoch bislang nur ansatzweise erforscht, so dass die Organisationsstruktur, die für die einzelnen, auch sprachlichen Prozesse im Arbeitsgedächtnis vermutet wird, bislang nicht genauer spezifiziert werden konnte.

Cowan bettet das Arbeitsgedächtnis in ein hierarchisches Gedächtnismodell ein, in dem sich die unterschiedlichen Ebenen aufgrund ihres aktivationalen Status' unterscheiden (vgl. z. B. Cowan, 1995, für eine ausführliche Darstellung). Das Langzeitgedächtnis bildet hierbei die Basis. Elemente des Langzeitgedächtnisses, die aufgrund vorheriger Information stärker aktiviert sind, bilden das aktuelle Kurzzeitgedächtnis. Die Elemente des Kurzzeitgedächtnisses, die sich gerade im Fokus der Aufmerksamkeit befinden, sind Teil des aktuellen Arbeitsgedächtnisses (vgl. auch Engle, Tuholski, Laughlin & Conway, 1999).

Dieses Modell ist insofern interessant, als es eine direkte Übertragung auf sprachliche Strukturen erlaubt. Das mentale Lexikon kann hier als Langzeitspeicher für sprachli-

Abbildung 4.2: Das hierarchische Gedächtnismodell nach Cowan. Elemente des Langzeitgedächtnisses, die aufgrund vorheriger Information stärker aktiviert sind, bilden das aktuelle Kurzzeitgedächtnis. Die Elemente des Kurzzeitgedächtnisses, die sich gerade im Fokus der Aufmerksamkeit befinden, sind Teil des aktuellen Arbeitsgedächtnisses. (gestaltet in Anlehnung an Cowan, 1993)



che Informationen angesehen werden. Aktivierte und durch semantisches oder phonologisches Priming voraktivierte Information könnte das Kurzzeitgedächtnis bilden und nur die Einheiten, die gerade aktiv verarbeitet werden, wären als Teil des Arbeitsgedächtnisses zu verstehen.

In Cowans Modell wird das Arbeitsgedächtnis als Sammlung von Prozessen beschrieben. Die Speicherelemente, die Teil dieser Prozesse sind, werden ebenfalls dem Arbeitsgedächtnis zugerechnet. Auch im Cowan-Modell gibt es eine zentrale Exekutive. Diese wird als Instanz beschrieben, die durch Instruktion und Motivation beeinflussbar, also der bewussten Wahrnehmung und Steuerung zugänglich ist. Automatische Prozesse werden dagegen durch das Aufmerksamkeitssystem gesteuert. Wie Baddeley die zentrale Exekutive, beschreibt Cowan das Aufmerksamkeitssystem als kapazitätslimitiert. Die Aktivierung von Information wird im Cowan-Modell nicht als kapazitäts- sondern als zeitlimitiert angesehen.

Die neueren Modelle beschreiben das Arbeitsgedächtnis übereinstimmend *nicht* als abgrenzbaren Raum oder anatomisch von anderen Hirnregionen separierbare Struktur. *Arbeitsgedächtnis* wird definiert

als die zum Zwecke der Ausführung einer kognitiven Aufgabe<sup>4</sup> aktivierten Elemente des Gedächtnisses bzw. als eine Ansammlung von mentalen, mit der aktuellen kognitiven Aufgabe beschäftigten Prozessen<sup>5</sup>.

<sup>4</sup>z. B. Problemlösen, Sprache verarbeiten, Entscheidungen fällen, Rechnen

<sup>5</sup>vgl. z. B. die Definition von Cowan (Cowan, 1998): ... is „the collection of mental processes that permit information to be held temporarily in an accessible state, in the service of some mental task“, ... ist „die Sammlung mentaler Prozesse, die es erlauben, Information kurzzeitig zum Zwecke der Ausführung einer mentalen Aufgabe abrufbereit zu halten“ (Übersetzung S.W.)

Beide Definitionsansätze sind nahezu identisch, die Perspektive auf das Arbeitsgedächtnis ist jedoch einmal eher inhaltlich orientiert (Womit geschieht etwas?) und einmal prozessbezogen (Was geschieht?, vgl. Darstellungen in Miyake & Shah, 1999).

Die *exekutive Kontrolle* von Prozessen im Arbeitsgedächtnis wird allgemein anerkannt, wobei oftmals ein direkter Zusammenhang zu *Aufmerksamkeitsprozessen* hergestellt wird (Cowan, 1999; Engle, Tuholski, Laughlin & Conway, 1999).

Übereinstimmend werden als Charakteristika des Arbeitsgedächtnisses angesehen, dass die dort vorliegende Information *sehr schnell* abgerufen werden kann, dass sie aber auch schnell an Aktivierung verliert (*decay*), wenn sie nicht regelmäßig aufgefrischt wird. Bereits ein bis zwei Sekunden können für das automatische Verblässen der Aktivations Spuren ausreichen (Baddeley, 1986).

## 4.4 Arbeitsgedächtnis in der (neuro)psychologischen Forschung

### 4.4.1 Lokalisierung von Arbeitsgedächtnisprozessen

In den Arbeitsgedächtnismodellen wird nicht mehr davon ausgegangen, dass es eine spezielle *Gehirnstruktur* allein für das Arbeitsgedächtnis gibt. Sprachlich induzierte Arbeitsgedächtnisprozesse konnten jedoch durchaus in bestimmten *Gehirnregionen* lokalisiert werden. So wurden Belege für eine besondere Rolle des linken inferioren präfrontalen Kortex vorgelegt: Demb und Kollegen zeigten, dass diese Gehirnregion beim semantischen Enkodieren von Wörtern besonders starke Aktivierung aufwies (Demb et al., 1995). Das erleichterte Enkodieren eines zum zweiten Male angebotenen Wortes reduzierte dagegen die Aktivierung. Allerdings scheinen nicht nur sprachspezifisch semantische Prozesse in dieser Gehirnregion verarbeitet zu werden. In einem Experiment, in dem den Versuchspersonen neben Wort- auch Bildmaterial angeboten wurde, konnten Wagner und Kollegen dasselbe Aktivationsmuster auch für das semantische Enkodieren und Wiederholen von Bildern belegen (Wagner, Desmond, Demb, Glover & Gabrieli, 1997).

Neben semantischen wurden auch phonologische Arbeitsgedächtnisprozesse im linken inferioren präfrontalen Kortex lokalisiert: Poldrack und Kollegen (Poldrack et al., 1999) kommen bei einer Sondierung der bis 1999 vorliegenden Studien und mit einem Experiment zur Dissoziierung semantischer und phonologischer Arbeitsgedächtnis-Prozesse zu dem Ergebnis, dass der dorsale Teil des linken inferioren präfrontalen Kortex eher auf phonologische, der ventrale Teil jedoch eher auf semantische Arbeitsgedächtnisroutinen spezialisiert sein könnte (vgl. hierzu auch die korrespondierenden Angaben in Friederici, im Druck).

Wenn semantische Zugriffsprozesse bevorzugt im linken inferioren präfrontalen Kortex stattfinden, könnte dieser Teil des Gehirns auch bei der Selektion der relevanten Bedeutung eines bereits enkodierten ambigen Wortes Aktivierung zeigen. Eine Studie zur Lokalisierung von Prozessen der Bedeutungsselektion bei ambigen Wörtern steht derzeit noch aus - allgemein semantische Selektionsprozesse konnten jedoch von Martin und Chao posterior und superior von der Region des semantischen Arbeitsgedächtnisses lokalisiert werden (Martin & Chao, 2001).

Diese Befunde weisen für EKP-Experimente mit ambigen Wörtern neben den für semantische Prozesse sensitiven zentral-posterioren Bereichen, auf denen die N400-Komponente typischerweise gemessen wird, auch anterior-frontalen und temporalen Bereichen der Kopfoberfläche eine besondere Bedeutung zu. Die im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit beschriebenen EKP-Experimente werden daher auch mit Blick auf fronto-temporale Bereiche der Kopfoberfläche beschrieben und diskutiert.

#### 4.4.2 Limitierungen des Arbeitsgedächtnisses

Die Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses ist beschränkt. Diese Limitierung kann für verschiedene Versuchspersonen unterschiedlich ausfallen. Solche individuellen Unterschiede bei Arbeitsgedächtnisleistungen sind vielfach belegt (für einen Überblick vgl. Baddeley & Logie, 1999) und in allen diskutierten Arbeitsgedächtnismodellen berücksichtigt.

Über die Faktoren, die die Leistungsfähigkeit des Arbeitsgedächtnisses beeinflussen, besteht allerdings kein klares Bild. Es werden mehrere Quellen für unterschiedlich ausgeprägte Arbeitsgedächtnisleistungen angenommen. Die Fähigkeit zum *effektiven Enkodieren* von sprachlicher Information haben Perfetti und Roth (1981) anhand von Experimenten zum Leseverständnis bzw. Young und Lewis (1999) auf der Basis von Studien aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz als Ursache für Arbeitsgedächtnisunterschiede ermittelt. Baddeley und Logie (1999) sahen zum einen potentielle Limitierungsquellen in verschieden starkem *Aktivationszerfall*, dem guten oder mangelnden Vermögen, *Interferenz* zwischen ähnlichen Informationseinheiten zu verarbeiten und in Unterschieden bei den Prozessen der *zentralen Exekutive*. Sie vermuteten zum anderen, dass die Limitierung der Arbeitsgedächtnisleistung durch eine *Kapazitätsbeschränkung für Aktivierungsprozesse* oder das Prozessieren komplexen Materials bedingt sein könnten. Aber auch unterschiedliche *Strategien* in der Verarbeitung der Speichereinheiten werden nicht als Ursache für unterschiedliche Arbeitsgedächtnisleistungen ausgeschlossen (vgl. auch McNamara & Scott, 2001). Engle sieht die Effektivität von Prozessen der *kontrollierten Aufmerksamkeit* (controlled attention) als Basis für die Beschränkung des Arbeitsgedächtnisses an (Engle, Tuholski, Laughlin & Conway, 1999).

Im Zusammenhang mit individuellen Unterschieden bei der Verarbeitung von sprachlichem Material wurden vor allem zwei Hypothesen diskutiert. Mit der *Theorie des kapazitätsgesteuerten Verstehens* (Capacity Theory of Comprehension, Just & Carpenter, 1992) brachten Just und Carpenter Unterschiede in der Verarbeitung strukturell ambiger Sätze mit Limitierungen des Arbeitsgedächtnisses in Zusammenhang. In ihrem auf die Wort- und Satzebene anwendbaren Ansatz machten sie die unterschiedlich gut ausgeprägte Fähigkeit zum *Aktivhalten* von Informationseinheiten für die Arbeitsgedächtnisleistungen der Versuchspersonen verantwortlich. Auf eine Serie von Experimenten auf Wortebene aufbauend schlugen Gernsbacher und Faust dagegen vor, dass vor allem das mehr oder weniger effektive *Inhibieren* von irrelevanter Information die verbale Arbeitsgedächtnisleistung einer Person beeinflussen könnte (Gernsbacher & Faust, 1991a,b). Beide Hypothesen konnten experimentell belegt werden. Es existiert bislang jedoch kein Modell, das befriedigend erklären kann, welche Prozesse den unterschiedlichen Ergebnissen bei Tests zum verbalen Arbeitsgedächtnis zugrundeliegen.

#### 4.4.3 Tests für das verbale Arbeitsgedächtnis

Arbeitsgedächtnis-Tests unterscheiden sich von Tests des Kurzzeitgedächtnisses dadurch, dass sie im allgemeinen Speicher- und Prozesskomponente des Gedächtnisses in die Testaufgabe einbeziehen. So erfordert der Lesespannentest (Daneman & Carpenter, 1980) das Lesen von Sätzen und das gleichzeitige Memorieren aller satzfinalen Wörter eines Durchlaufs. Andere Tests kombinieren das Memorieren von Wörtern oder Zahlen mit einfachen Rechenaufgaben oder mentalen Rotationsaufgaben (Shah & Miyake, 1996; Turner & Engle, 1989). Solche Testaufgaben sollen die täglichen Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis simulieren, in dem sie Speichern und Prozessieren von Informationen gleichzeitig abfordern.

Anders als bei den Anforderungen des realen Lebens sind die zwei Aufgaben der Arbeitsgedächtnistests meist unabhängig voneinander. So weist das Memorieren der satzfinalen Wörter im Lesespannentest (Daneman & Carpenter, 1980) keine inhaltliche Verbindung zum Vorlesen der danach folgenden Sätze auf. Beim Verarbeiten von Alltagssprache steht jedoch die aktivierte Information in direktem Zusammenhang mit den aktuellen Sprachprozessen. Die Bedeutungen ambiger Wörter müssen z. B. im Speicher gehalten werden, bis eine Selektion der relevanten Bedeutung erfolgen kann. Insofern gelingt den meisten Tests die Simulation alltäglicher Anforderungen nur unzureichend.

Der Lesespannentest von Daneman und Carpenter (1980) wurde zur Ermittlung verbaler Arbeitsgedächtnisleistungen entworfen. In diesem Test wird untersucht, wie gut sich eine Person verbales Material merken kann, während sie eine zweite, ebenfalls verbale Aufgabe ausführt. Für den Lesespannentest sind Sätze einzeln auf jeweils einem Blatt Pa-

pier notiert. Die Versuchspersonen lesen einen solchen Satz laut vor und sind aufgefordert, sich dessen letztes Wort zu merken. In der Einstiegsstufe werden zwei Sätze hintereinander präsentiert. Nach dem zweiten Satz sollen die beiden satzfinalen Wörter mit allen grammatischen Merkmalen und in der richtigen Reihenfolge wiedergegeben werden. Jede Stufe des Tests hat fünf Durchläufe, wobei erst fünf mal zwei Sätze hintereinander präsentiert werden, dann fünf mal drei Sätze usw. Die höchste Stufe des Tests besteht aus dem Vorlesen von sechs aufeinanderfolgenden Sätzen und dem anschließenden Wiedergeben ihrer sechs jeweilig letzten Wörter. Nach dem Niveau, das eine Versuchsperson aufgrund von nicht mehr korrekt wiedergegebenen satzfinalen Wörtern nicht mehr bewältigen kann, wird ihr eine Lesespanne von 2,0 (geringste Spanne) bis 6,0 (größte Spanne) zugeordnet.

Der Lesespannentest sollte vor allem eine fundierte Prognose über die Leseleistungen einer Person ermöglichen. Auch er baut darauf auf, dass das Arbeitsgedächtnis eine Speicher- und eine Prozessfunktion hat. Damit entspricht er der Struktur, die in aktuellen Modellen für das Arbeitsgedächtnis angenommen wird. Beim Lesespannentest wird davon ausgegangen, dass erhöhte Prozessanforderungen die Kapazität zur Speicherung von Information vermindert (trade-off). Die Limitierung des Arbeitsgedächtnisses bezieht sich demnach gleichermaßen auf Prozess- und Speicherkomponente des Arbeitsgedächtnisses. Diese Annahme erscheint vor allem aus der Perspektive der Inhibitionstheorie kritisierenswert. Die Inhibitionstheorie interpretiert die Arbeitsgedächtnisleistung ausschließlich als Maß für die Effizienz zur Ausführung kognitiver Prozesse (Hasher & Zacks, 1988). Diese soll an die Fähigkeit gekoppelt sein, möglichst alle Einheiten aus dem Arbeitsgedächtnis zu entfernen, die nicht zum aktuellen Prozess gehören. Eine beschränkte Kapazität zur Speicherung von Informationseinheiten wird nicht angenommen.

Der Lesespannentest wurde auch aus anderen Gründen kontrovers diskutiert. Waters und Caplan wiesen darauf hin, dass er drei Leistungen erfordert: Schnelligkeit und Korrektheit beim Satzlesen und Wiedergabekorrektheit, dass er jedoch nicht erfasst, in welcher Form die Versuchspersonen ihre Ressourcen auf die drei Aufgaben verteilen. So wurde beobachtet, dass schon kleine Veränderungen in der Aufgabe, die das Satzlesen begleitete, deutliche Veränderungen bei der gemessenen Lesespanne induzierten (Waters & Caplan, 1996).

Es ist somit ungeklärt, welche kognitive Eigenschaft bzw. welcher Prozess durch den Lesespannentest erfasst wird. Es wurde jedoch wiederholt ein direkter Zusammenhang zwischen der gemessenen Leistung des Arbeitsgedächtnisses mit der Aufgabe, die zum Testen seiner Prozesskomponente eingesetzt worden war, beobachtet. Daneman und Carpenter (Daneman & Carpenter, 1980) konnten in ihrer Erstveröffentlichung des Tests Korrelation zwischen Lesespanne und Leseverständnis von .77 belegen. In einer späteren Meta-Analyse über 77 Studien (Daneman & Merikle, 1996) betrug diese Korrelation

noch .41. Die Wortspanne als einfaches Maß der Speicherkapazität dagegen wies nur eine Korrelation von .28 zu Tests des Leseverständnisses auf. Es zeigte sich, dass sich zur Vorhersage der Leseleistungen einer Versuchsperson die Tests besonders gut eignen, in denen verbale Verstehensleistungen erforderlich waren, um die Prozessanteile der Testaufgabe zu erfüllen (Baddeley, Logie & Nimmo-Smith, 1985; Tirre & Pena, 1992). Daneman und Tardiff (1987) plädierten in diesem Zusammenhang dafür, den Lesespannentest vollständig als Maß für die Prozesskomponente des verbalen Arbeitsgedächtnisses zu interpretieren.

Es konnte somit in mehreren Studien gezeigt werden, dass es einen Zusammenhang zwischen Lesespannentest und Leseverständnis gibt. Dieser Zusammenhang sichert die Vergleichbarkeit verschiedener Studien zur arbeitsgedächtnis-abhängigen Verarbeitung ambiger Wörter, für die neben dem Lesespannentest (Miyake, Just & Carpenter, 1994) verschiedene andere Tests zum lesegebundenen Sprachverstehen eingesetzt wurden (Perfetti & Roth, 1981; Gernsbacher & Faust, 1991a; Gernsbacher, 1993).

## 4.5 Arbeitsgedächtnis und ambige Wörter

Ambige Wörter unterscheiden sich nur durch ihre unterschiedlichen semantischen Merkmale, während grammatische, phonologische und orthographische Merkmale identisch sind<sup>6</sup> (vgl. Kapitel 3). Unterschiede beim Verarbeiten der beiden Bedeutungen ambiger Wörter in identischen experimentellen Situationen können somit eindeutig auf semantische Faktoren zurückgeführt werden. Damit bieten ambige Wörter die Möglichkeit zu untersuchen, wie gleichzeitig präsentierte, konkurrierende semantische Information im Arbeitsgedächtnis verarbeitet wird. Mit dem Einsatz von Tests zur verbalen Arbeitsgedächtnisleistung ist es darüberhinaus möglich, die arbeitsgedächtnisabhängigen Anteile der semantischen Prozesse zu isolieren. Der Vergleich zwischen Versuchspersonengruppen sollte Rückschlüsse auf die Prozesse erlauben, die der Verarbeitung semantischer Information im Arbeitsgedächtnis zugrunde liegen.

Die Selektion der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes im Arbeitsgedächtnis wird durch zwei Faktoren determiniert. Den Bedeutungen immanent ist die Gebrauchsfrequenz. Von dieser wird angenommen, dass sie im mentalen Lexikon abgelegt ist (vgl. Kapitel 1). Eine Größe, die von außen auf das Aktivationsniveau einer Bedeutung einwirkt, ist der aktuelle Kontext, in dem das ambige Wort präsentiert wird.

---

<sup>6</sup>Ambige Wörter mit unterschiedlichen grammatischen Merkmalen wie *der* bzw. *die Leiter* oder differierenden Betonungsmustern wie *Ténor* bzw. *Tenór* wurden für die in dieser Arbeit beschriebenen Experimente nicht verwendet.

Die bisherige Forschung um den zugrundeliegenden Mechanismus für die Verarbeitung ambigen Materials im Arbeitsgedächtnis konzentrierte sich hauptsächlich auf kontextuelle Einflüsse, wobei zwei verschiedene Modelle entwickelt wurden.

### 4.5.1 Aktivierungstheorie

Die Aktivierungstheorie hat ihren Ursprung in Experimenten, die den Zusammenhang von Arbeitsgedächtnis und syntaktisch ambigen Strukturen untersuchten (Just & Carpenter, 1992) und deren Ergebnisse später auch auf die Verarbeitung lexikalischer Ambiguitäten übertragen wurden. Versuchspersonen mit unterschiedlichen verbalen Arbeitsgedächtnisspannen lasen in einem selbstgesteuerten Leseexperiment (*self paste reading experiment*) Sätze wie:

- (→) *The experienced soldiers warned about the dangers before the midnight raid,...*  
(Die erfahrenen Soldaten warnten vor den Gefahren (noch) vor dem nächtlichen Überfall. bzw. Die erfahrenen Soldaten, die vor den Gefahren vor dem nächtlichen Überfall gewarnt waren,...)
- (→) *The experienced soldiers spoke about the dangers before the midnight raid,...*  
(Die erfahrenen Soldaten sprachen über die Gefahren (noch) vor dem nächtlichen Überfall.)

Die Ergebnisse dieser Experimente ließen vermuten, dass die Leseprozesse der Versuchspersonen in der syntaktisch ambigen Situation maßgeblich von deren Arbeitsgedächtnisleistung bestimmt waren. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten an der Stelle, an der die syntaktische Ambiguität beendet wurde (*raid*) Lesezeiten, die denen der syntaktisch unambigen Sätze vergleichbar waren. Versuchspersonen mit großer Lesespanne dagegen verweilten ca. 150 ms länger auf dem disambiguierenden Wort. Just und Carpenter (1992) schlossen aus ihrer Beobachtung, dass Versuchspersonen mit großer Arbeitsgedächtniskapazität beide zur Auswahl stehenden Varianten so lange aktiv hielten, bis die Ambiguität aufgelöst wurde, und dass sie aufgrund der damit verbundenen hohen Arbeitsgedächtnisbelastung längere Lesezeiten aufwiesen. Vergleichbare Lesezeiten für ambige und unambige Sätze bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne wurden dagegen als Zeichen unambigen Lesens, d. h. Auswählen einer der beiden syntaktisch möglichen Satzstrukturen interpretiert.

Ein ähnliches Resultat berichteten Miyake, Just und Carpenter (1994) nach der Untersuchung *lexikaler* Ambiguitäten. Bei der Präsentation von Sätzen nach dem Muster:

(→) *Since Ken really liked the **boxer**, he took the nearest. . .*  
 (Da Ken den **Boxer** mochte, wählte er die nächste. . .)

(→) ***pet store** to buy the animal.*  
 (Zoohandlung, um das Tier zu kaufen.)

(→) ***sports arena** to see the match.*  
 (Sportarena, um das Match zu sehen.)

fanden auch sie Hinweise darauf, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne beide Bedeutungen des ambigen Wortes aktivgehalten haben könnten, während Versuchspersonen mit geringerer Spanne am Ende der ambigen Phase eine Präferenz für die dominante Bedeutung zeigten. Es wurde geschlussfolgert, dass Versuchspersonen mit geringerer Lesespanne zu wenig Aktivierungskapazität im Arbeitsgedächtnis zur Verfügung hatten, um beide Bedeutungen über einen langen Zeitraum hinweg aktiv zu halten. Somit sollten Limitierungen bei aktivationalen Prozessen für individuelle Arbeitsgedächtnis-Unterschiede verantwortlich sein.

Allerdings gab es auch Gegenevidenz. So präsentierten Friederici und Kollegen (Friederici, Steinhauer, Mecklinger & Meyer, 1998) Sätze, deren erste Substantivphrase entweder als Subjekt oder als Objekt interpretiert werden konnte:

(→) *Das ist die Direktorin, die die Sekretärinnen*

(→) *... gesucht **hat**. (Subjekt-Lesart)*

(→) *... gesucht **haben**. (Objekt-Lesart)*

Anhand von ereigniskorrelierten Potentialen konnte gezeigt werden, dass Versuchspersonen mit geringer Lesespanne beide Lesarten des Satzanfangs über die gesamte ambige Satzphase aktivhielten, während diejenigen mit größerer Spanne sich früh für die höher frequente Struktur mit dem Subjekt in erster Position entschieden hatten. Bei ihnen stand die Objekt-Lesart nicht mehr zur Verfügung, wenn die Ambiguität mit *haben* aufgelöst wurde.

Wie die Studie von Friederici und Kollegen (1998) lieferten andere Experimente Evidenz dafür, dass nicht nur Aktivierungsmechanismen, sondern auch Deaktivierungsprozesse grundlegend für die Verarbeitung ambiger Information sein könnten. Diese werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

#### 4.5.2 Inhibitionstheorie

Gernsbacher und Faust (1991a,b) hatten beobachtet, dass Versuchspersonen mit guten Fähigkeiten zum Sprachverstehen schneller und effektiver waren, wenn es darum ging,

eine Lesart einer lexikalischen Ambiguität auszuwählen, als Kontrollpersonen mit geringer ausgeprägtem Sprachverständnis. Sie führten visuelle Satzexperimente durch, in denen nach kontextuell auf die dominante Bedeutung ausgerichteten Satzanfängen ambig oder unambig Wörter präsentiert wurden. Targetwörter wurden 100 oder 850 ms nach Satzende angeboten, und die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, diejenigen Targetwörter zurückzuweisen, die keine Verbindung zur Satzsemantik hatten:

(→) *He dug with the **spade**.*  
(*Er grub mit dem Spaten bzw. Pik beim Kartenspiel*).

(→) *ACE (As)*

(→) *He dug with the **shovel**.*  
(*Er grub mit der Schaufel*).

(→) *ACE (As)*

Personen mit weniger gut ausgebildetem Sprachverständnis benötigten bei 100 und 850 ms Interstimulusintervall (ISI) signifikant länger, wenn das Targetwort eine semantische Beziehung zur irrelevanten Bedeutung des satzfinal angebotenen Primewortes aufwies (*ace* nach *spade*), als wenn das Primewort unambig war und keine semantische Beziehung zum Target bestand (*ace* nach *shovel*). Versuchspersonen mit gutem Sprachverständnis dagegen zeigten zwar bei 100 ms ISI sogar mehr Aktivierung für die irrelevante Bedeutung als die Gruppe mit weniger guten sprachlichen Fähigkeiten, bei 850 ms ISI war jedoch kein Priming-Effekt mehr zu beobachten. Gernsbacher und Faust (1991a,b) schlussfolgerten ebenso wie Friederici und Kollegen (1998), dass Versuchspersonen mit schlechterem verbalen Arbeitsgedächtnis weniger effektiv beim Inhibieren<sup>7</sup> irrelevanter Informationseinheiten sind (vgl. auch Gernsbacher & Faust, 1991a; Gernsbacher, 1993; Gernsbacher & Robertson, 1995; Gunter, Wagner & Friederici, im Druck; Zacks & Hasher, 1994).

Inhibitorischen Prozessen wird in diesem Modell die entscheidende Rolle bei der Modulation des Arbeitsgedächtnisinhaltes zugeordnet. Aktivationale Prozesse werden zwar insofern ebenfalls als fundamentale Mechanismen angesehen, als dass jedes sprachliche Element erst aktiviert werden muss, um Teil des Arbeitsgedächtnisses zu werden und auch das Auffrischen von Information (*rehearsal*) einen aktivationalen Prozess darstellt. Die entscheidende Kontrolle über die im Arbeitsgedächtnis aktiven Elemente wird jedoch inhibitorischen Prozessen zugesprochen, deren unterschiedlich effektive Ausführung für unterschiedliche verbale Arbeitsgedächtnisspannen verantwortlich sein soll.

<sup>7</sup> Kognitive *Inhibition* wird im allgemeinen als ein Prozess verstanden, der Informationseinheiten oder Prozesse deaktiviert und irrelevante, störende Informationen von der Bewusstseinsschwelle fernhält (für Überblicksdarstellungen vgl. Dagenbach & Carr, 1994; Dempster & Brainerd, 1995).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung jener Prozesse, die die Verarbeitung semantisch ambiger Wörter im Arbeitsgedächtnis steuern. Dafür wurden zwei Experimente innerhalb von Wortkontexten durchgeführt, wobei ein spezielles Experimentparadigma angewendet wurde, in dem ambige Wörter als Determinierer von Substantivkomposita angeboten wurden. Im letzten Kapitel vor dem Beginn des experimentellen Teils der Arbeit wird ein kurzer Überblick in die Spezifik der Substantivkomposition im Deutschen gegeben, und es werden psycholinguistische Befunde zur Verarbeitung von Komposita diskutiert.



# Kapitel 5

## Komposita

### 5.1 Komposita im Deutschen

Innerhalb der deutschen Sprache ist das Zusammenziehen von Einzelwörtern in ein Kompositum so alltäglich, dass mit Wörtern wie *Straßenbahn*, *hellblau* oder *radfahren* ein beträchtlicher Teil der täglichen Kommunikation bestritten wird. Komposita bieten die Möglichkeit, innerhalb eines Wortes kompliziertere Zusammenhänge kompakt zu präsentieren und stellen genau deshalb ein besonders interessantes Forschungsfeld dar.

Aus Wortbildungssicht besteht jedes Kompositum aus mindestens zwei Morphemen oder Morphemkonstruktionen, die auch als Einzelwörter im Wortschatz einer Sprache vorhanden sind. So besteht *Bahnhofshalle* aus der Morphemkonstruktion *bahnhofs*, *bahn+hof+s*, und dem Morphem *halle*. Im Deutschen werden meist zwei Substantive kombiniert (*Tisch+bein*), aber auch Adjektivkompositionen treten auf (*hell+grün*), seltener Adverbien (*überall+hin*). Bei allen Kompositionen im Deutschen bestimmt die am weitesten rechts stehende Konstituente (der *Kopf*) die grammatischen Merkmale des Kompositums. Dazu gehören Genus (*der* Tisch, aber *das* Tischbein) und auch die Wortklasse: während es sich bei *Hochhaus* unzweifelhaft um ein Substantiv handelt, gehört *haushoch* in die Gruppe der Adjektive. In der vorliegenden Arbeit geht es ausschließlich um Substantiv-Kompositionen und deren morphologische und semantische Verarbeitung. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Semantik der Substantiv-Komposita, geht auf Bindungsprinzipien und Lexikalischerheit ein und beschreibt abschliessend den Stand der psycholinguistischen Forschung.

## 5.2 Semantik der Substantiv-Komposita

### 5.2.1 Bindungsprinzipien

*Determinativkomposita* bilden die Mehrzahl der deutschen Substantiv-Komposita. In ihnen ist auch in Bezug auf die semantische Beziehung der Konstituenten das am weitesten rechts stehende Element das bestimmende (*determinierende*) für die Gesamtsemantik des Kompositums. So ist ein *Studentenwerk* meist eine Anstalt öffentlichen Rechts, die *Studentenwerkszuordnung* eine (Amts)Handlung und die *Studentenwerkszuordnungsverordnung* ein Rechtstext<sup>1</sup>. Das Anfügen einer neuen Konstituente an das Ende des schon bestehenden Kompositums gibt dem Kompositum eine vollkommen neue Grundbedeutung. Links vom Kopf stehende Konstituenten wiederum grenzen die Bedeutung der Kopfkongstituente ein (*Tischbein*). Sie determinieren die relevanten Aspekte der Kopfkongstituente und werden daher im Rahmen der vorliegenden Arbeit als *Determinierer* bezeichnet (Fleischer & Barz, 1995, für eine ausführliche Abhandlung zu morphologischen und semantischen Prinzipien der Komposition im Deutschen).

Eine zweite Sorte der Komposita bilden die *Kopulativkomposita*. Diese Art von Komposition ist im Deutschen vergleichsweise selten zu finden und dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Teile der Komposition semantisch gleichgeordnet sind (*Strumpfhose*). Daraus ergibt sich auch das semantische Unterscheidungskriterium zwischen beiden Kompositionsformen. Während die Konstituenten bei Kopulativkomposita durchaus vertauschbar sind, ohne dass dabei der Sinn des Gesamtkompositums grundlegend verändert würde (*Bettcouch* vs. *Couchbett*), entsteht bei der Vertauschung der Konstituenten eines Determinativkompositums ein Wort mit abweichender Bedeutung (*Kuhmilch* vs. *Milchkuh*).

Die semantische Relation der Konstituenten weist demnach bei Determinativ- und Kopulativkomposita einen grundlegenden Unterschied auf. Determinativkomposita kombinieren zwei Wörter mit unterschiedlicher Bedeutung miteinander, wobei in der Regel die Bedeutungen der Konstituenten aus dem mentalen Lexikon abgerufen und eine über die Einzelbedeutungen hinausgehende Gesamtbedeutung für das Kompositum errechnet werden muss (*Kuh+Milch*→*Kuhmilch*). Die Konstituenten der Kopulativkomposita dagegen erfordern Zugriffe auf semantisch benachbarte Knoten im mentalen Lexikon, wobei viele semantische Merkmale für *beide* Konstituenten aktiviert werden müssen. Die Komposition der beiden Konstituenten besteht in der Übernahme der übereinstimmenden und der Verknüpfung der wenigen unterschiedlichen semantischen Merkmale der Konstituenten (*Bett*≈*Bettcouch*≈*Couch*).

<sup>1</sup> Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst über die Zuordnung von Hochschulen zu den Studentenwerken (Studentenwerkszuordnungsverordnung) vom 26. Februar 1993

Es kann also unterstellt werden, dass sich die semantische Verarbeitung der beiden Kompositumarten sowohl beim lexikalen Zugriff als auch bei der Errechnung der Gesamtbedeutung voneinander unterscheiden. Diese Überlegung sollte bei der Interpretation der Befunde zur semantischen Verarbeitung von Komposita beachtet werden, denn einige Experimente zur Verarbeitung von Komposita wurden in Sprachen mit einem hohen Anteil an Kopulativkomposita, wie dem Chinesischen, durchgeführt (Peng, Li, Li & Liu, 1999; Zhou, Marslen-Wilson, Taft & Shu, 1999; Zhou & Marslen-Wilson, 2000).

### 5.2.2 Lexikalisiertheit

Das Deutsche erlaubt die ständige Neubildung von Komposita. Die Semantik dieser nicht etablierten *Novel*-Komposita (in der theoretischen Linguistik auch als nicht-usuelle Komposita bezeichnet, vgl. Fleischer & Barz, 1995) ist (noch) nicht eingeschliffen und hängt vom jeweiligen Kontext ab. So kann das Wort *Fischtapete*, das ohne Kontext sinnfrei erscheint, in einem Renovierungsfachgeschäft angesichts einer Tapete mit vielen Fischen und Unterwasserlandschaft durchaus eine sinnvolle Wortbildung darstellen. In anderen Situationen sind andere Interpretationen denkbar. Die Kombination zweier Einzelwörter in ein gemeinsames neues ist demnach nicht nur die Summe der Semantik der beiden Einzelbedeutungen, sondern enthält darüberhinaus die Relation, in der sich erste und zweite Konstituente zueinander befinden. Diese Relation wird vom jeweils aktuellen Kontext beeinflusst.

Neben *Novel*-Komposita gibt es Zusammenziehungen, die vergleichsweise häufig benutzt werden (*usuelle*, d. h. gebräuchliche Komposita). Bei diesen Komposita hat sich durch häufigen Gebrauch eine Relation (Lesart) als die allgemein übliche durchgesetzt. So ist die Bedeutung von *Straßenbahn* ebenso unstrittig wie die von *Buttermilch* oder *Briefkasten*. Hier wird von *Lexikalisiertheit* gesprochen. Wenn ein Kompositum lexikalisiert ist, sollte es als Gesamtheit im mentalen Lexikon abgespeichert sein, wie ein nicht zusammengesetztes Wort (Simplizium). Im Gegensatz zu *Novel*-Komposita, deren Gesamtsemantik unter Einbeziehung der beiden Konstituenten und der sie verbindenden Relation aktuell berechnet werden muss, sollte bei lexikalisierten Komposita *ein* Zugriff auf das mentale Lexikon für die Ermittlung der Kompositumbedeutung genügen<sup>2</sup>. Trotz der eventuell fest abgespeicherten Semantik würde allerdings bei usuellen Komposita wie *Briefkasten* auch eine Berechnung über die Konstituenten plus deren Relation zu einer korrekten Interpretation führen, da die Bedeutungen der Einzelkonstituenten unverfälscht in die Kompositumssemantik übernommen werden. Diese ist somit durchschaubar und wird als *transparent* bezeichnet.

---

<sup>2</sup>In der psycholinguistischen Forschung zu Komposita ist diese Behauptung keinesfalls voll akzeptiert, wie die weiteren Ausführungen zeigen werden.

In einigen Fällen hat der Sprachwandel allerdings dazu geführt, dass eine Berechnung über die Konstituenten keine korrekte Interpretation des Kompositums mehr liefern würde. Bei *Flaschenzug* z. B. würde die transparente Berechnung eventuell einen Zug voller Flaschen oder einen Zug von Flaschen zurückliefern, aber nicht einen mechanischen Kraftwandler, der das Heben schwerer Lasten erlaubt. Für diese semantisch nicht durchschaubaren, sogenannten *opaken* Komposita ist ein Eintrag im mentalen Lexikon obligatorisch. Liegt dieser Eintrag nicht vor, ist eine korrekte Interpretation nicht möglich.

Es gibt demnach Komposita, bei denen mit ziemlicher Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass im mentalen Lexikon ein Zugriff auf sie als Ganzes erfolgen kann (usuelle und opake Komposita). Diese Komposita sollten sich in ihrer Verarbeitung nicht grundlegend von der anderer morphologisch komplexer aber semantisch simpler Wörter unterscheiden. Bei Novel-Komposita und solchen, die nur sehr wenig gebraucht werden, fällt jedoch mit der Berechnung der semantischen Relation ein zusätzlicher Prozess an, der im Prinzip auch experimentell nachweisbar sein sollte.

### 5.3 Komposita in der Psycholinguistik

Komposita bilden neben präfigierten und unregelmäßig flektierten Wörtern einen Bestandteil der Forschung zu morphologisch komplexen Wörtern. In diesem Forschungsbereich wurde vor allem diskutiert, in welcher Form Wörter, die mehr als ein Morphem aufweisen, im mentalen Lexikon abgelegt sein könnten. Auf die beiden Grundansätze, das *Affix-abtrenn-Modell* (*affix stripping model*, Taft & Forster, 1975) sowie das *vollständige-Liste-Modell* (*full-listing model*, Butterworth, 1983) ist in Kapitel 1 bereits eingegangen worden. Im Absatz 5.2 wurde diskutiert, dass für das Verarbeiten von Komposita sowohl Dekomposition (transparente Komposita) als auch ein eigener Lexikoneintrag (usuelle und opake Komposita) sinnvolle Annahmen darstellen. Dies spricht für ein hybrides Modell, in dem sowohl Dekomposition als auch eigene Lexikoneinträge für morphologisch komplexe Wörter zugelassen sind (Schriefers, Zwitserlood & Roelofs, 1991).

Einen zweiten Schwerpunkt in der Kompositaforschung bildet die Auseinandersetzung mit dem Beitrag, den die Einzelkonstituenten zur Verarbeitung des Kompositums liefern. Besonderes Augenmerk lag hier vorerst auf den Unterschieden zwischen semantisch transparenten und opaken Komposita. In mehreren Studien wurde im Falle transparenter Komposita Aktivierung für beide Einzelkonstituenten registriert, bei der Verarbeitung opaker Komposita jedoch nicht (Isel, Gunter & Friederici, im Druck; Sandra, 1990; Zwitserlood, 1994). Diese Beobachtungen wurden im Sinne zweier separater lexikaler Zugriffe auf die Konstituenten des Kompositums im Falle transparenter Komposita interpretiert. Für opake Komposita wurde angenommen, dass sie über einen eigenen Ein-

trag im mentalen Lexikon verfügen und bei ihnen daher keine separate Aktivierung der Einzelkonstituenten erfolgt. Diese Experimente sprechen somit ebenfalls dafür, dass zwei Prozessrouten für die Verarbeitung von Komposita zur Verfügung stehen.

Die Annahme zweier Prozessrouten wirft besonders für die auditive Domäne die Frage auf, welche der beiden Verarbeitungsstrategien angewendet wird, wenn am Anfang eines Kompositums (*Fla...*) noch nicht erkennbar ist, ob seine Semantik transparent (*Flaschenverschluss*) oder opak (*Flaschenzug*) sein wird. Isel, Gunter und Friederici (im Druck) führten eine Experimentserie mit auditorisch angebotenen Prime-Komposita und visuellen Targetwörtern durch und untersuchten die Verarbeitung vollständig transparenter und opaker bzw. opak-transparenter (z. B. *Kammersänger*) und transparent-opaker (z. B. *Dachstuhl*) deutscher Komposita. Ihre Befunde legen einerseits einen grundlegenden Einfluss prosodischer Information auf die Verarbeitungsstrategie und andererseits ein kopfgesteuertes 2-Routen-Modell nahe: mit Beginn des Kompositums werden sowohl Dekomposition und Zugriff auf die Einzelkonstituenten als auch die Suche nach einem Lexikoneintrag für das ganze Kompositum gestartet. Der semantische Status der Kopfkongstituente —transparent oder opak— ist am Ende entscheidend dafür, welche der beiden Prozessrouten erfolgreich ist. Das parallele Initiieren von Dekompositions- und Lexikonroute wurde mit Lesestudien zu finnischen Komposita auch für die visuelle Sprachverarbeitung belegt (Hyönä & Pollatsek, 1998; Pollatsek, Hyönä & Bertram, 2000).

Während Speicherung und Abruf lexikalischer Komposita noch diskutiert werden, werden für Novel-Komposita und solche Zusammenfügungen, die noch nicht als Einheit in den Allgemeinwortschatz übergegangen sind, übereinstimmend separate Zugriffe für die Konstituenten im mentalen Lexikon angenommen. Diskutiert wird für diese Fälle, an welcher Stelle die Semantik des Kompositums erstellt wird: Handelt es sich um einen Prozess, der interaktiv auch schon während der Worterfassung mitläuft, oder wird das Ergebnis der Einzelerfassungen erst nach deren Ende errechnet? Inhoff, Radach und Heller (2000) haben in einer Augenbewegungsstudie deutsche 3-Wort-Komposita präsentiert. Wenn die Konstituenten durch Leerzeichen getrennt waren (*Daten schutz experte*), waren die Versuchspersonen zwar schneller in der Lage, die einzelnen Konstituenten zu erkennen, am Ende des Wortes verweilten sie jedoch signifikant länger, als wenn keine Leerzeichen eingefügt waren (*Datenschutzexperte*)<sup>3</sup>. Die beschleunigte Erkennung der Einzelkonstituenten führte demnach für einen anderen Prozess zu einer Verzögerung. Es liegt nahe, in diesem Prozess die Errechnung der Kompositumssemantik zu vermuten.

Die hier skizzierten Befunde legen einen aktiven Zugriff auf beide Konstituenten eines semantisch transparenten, niedrigfrequenten Kompositums nahe. Der sich nun anschließende Experimentaltail der Arbeit baut auf diese Befunde auf und beginnt mit zwei Ex-

---

<sup>3</sup>Beispiel aus (Inhoff, Radach & Heller, 2000)

perimenten, in denen der Zugriff auf beide Bedeutungen der ambigen Determinierer von semantisch transparenten Komposita untersucht wurde.

**Teil II**

**Experimente**



# Kapitel 6

## Bedeutungsaktivierung bei ambigen Wörtern im Wortkontext: Experiment 1

### 6.1 Einleitung

Die Bedeutungsaktivierung bei ambigen Wörtern wird durch die Gebrauchsfrequenz der Bedeutungen beeinflusst. Für neutrale Kontexte wurde belegt, dass die dominante Lesart bevorzugt aktiviert und auch länger aktiv gehalten wird als die subordinierte (Simpson & Krueger, 1991). Darüber hinaus wurde beobachtet, dass die dominante Bedeutung eines ambigen Wortes einfacher in einen neutralen Kontext integriert werden kann als die subordinierte (Hagoort & Brown, 1994).

Bislang wurde nicht untersucht, ob die Bedeutungsaktivierung bei ambigen Wörtern interindividuell verschieden ablaufen kann. In den meisten Experimenten zur Verarbeitung ambiger Wörter wurden keine Tests der Leseleistung oder anderer verbaler Fähigkeiten bei den Versuchspersonen vorgenommen (u. a. Hagoort & Brown, 1994; Onifer & Swinney, 1981; Tabossi, 1988; van Petten & Kutas, 1987; Vu, Kellas & Paul, 1998). Das Vorhandensein interindividueller Unterschiede könnte jedoch erklären, warum in einigen Studien Kontexteinflüsse auf den lexikalen Zugriff bei ambigen Wörtern registriert werden konnten (u.a. Tabossi, 1988; Vu, Kellas & Paul, 1998), in anderen jedoch nicht (Swinney, 1991, für einen Überblick).

Interindividuelle Unterschiede in frühen Verarbeitungsstufen des Wortzugriffs bei lexikalisch unambigen Wörtern wurden u. a. von Perfetti und Roth beschrieben (Perfetti & Roth, 1981). Sie diskutierten einen Ansatz, nach dem die Leseleistung einer Person durch den Zugriff auf sprachliches Wissen einerseits und den Einfluss des aktuellen Kontextes andererseits beeinflussbar sein könnte. Dabei bezogen sich die Autoren auf Leseexperimente, die zeigten, dass Versuchspersonen mit besserem Leseverständnis schnell-

lere Enkodierungsmechanismen besitzen als Personen mit schlechteren Lesefähigkeiten. Es wurde gezeigt, dass nur beim langsameren Enkodieren kontextuelle Einflüsse wirksam wurden, schnelles Enkodieren jedoch Kontexteinflüsse minimierte oder verhinderte. Wenn frühe Wortzugriffsprozesse interindividuelle Unterschiede aufweisen, dann sollte sich dies auch anhand von ambigen Wörtern zeigen lassen.

Die lesespannenabhängige Untersuchung der initialen Aktivierungsmechanismen für ambige Wörter markierte den Beginn auf dem Weg zu einer Beschreibung der Prozesse, die der Verarbeitung ambiger Wörter im Arbeitsgedächtnis zugrundeliegen. Ein erstes dreiteiliges Experiment wurde entwickelt, um den Zeitverlauf der initialen Aktivierung beider Bedeutungen von ambigen Wörtern getrennt voneinander zu beobachten und auf lesespannenabhängige Unterschiede hin zu analysieren. Da in einem zweiten Experiment in einer vergleichbaren experimentellen Umgebung auch der Einfluss kontextueller Information auf frühe Phasen der Verarbeitung ambiger Wörter getestet werden sollte, wurde das experimentelle Design auf die Anforderungen beider Experimente abgestimmt.

## 6.2 Methode

### 6.2.1 Vorstudien

Für das Deutsche existiert bislang kein genormter Korpus an ambigen Wörtern. Daher waren zur Erstellung der Stimulus-Materialien einige Vorstudien notwendig. Die Auswahl in Frage kommender Wörter begann mit einer Bewertungsstudie (*rating study*). Ein zweiteiliger Fragebogen wurde entwickelt, der ca. 300 potentiell ambige Wörter enthielt. 100 Versuchspersonen, Studierende Leipziger Hochschulen, hatten darin Sätze wie

(→) *Der Ton wurde vom ...*

mit einem Substantiv und einem Verb zu komplettieren (*cloze procedure*, vgl. Bloom & Fischler, 1980; Schwanenflugel, 1986).

(→) *... Sänger gesungen.*

Nachdem für jedes der potentiell ambigen Wörter eine Komplettierung vollendet war, erhielten die Versuchspersonen den zweiten Teil des Fragebogens ausgehändigt. Die Satzanfänge dieses Fragebogens waren identisch mit denen des ersten Teils. Die Versuchspersonen waren nunmehr aufgefordert, eine Satzkomplettierung zu finden, die auf eine andere Bedeutung des ambigen Wortes Bezug nimmt. Der erste Teil des Fragebogens konnte während des Ausfüllens des zweiten Teils eingesehen werden.

(→) *... Töpfer gebrannt.*

Anhand dieser Befragung wurden alle Wörter ausgewählt,

1. die zwei, aber nicht mehr als zwei Bedeutungen aufwiesen,
2. bei denen mindestens 95 % der Versuchspersonen im ersten Fragebogen die gleiche Bedeutung verwendet hatten und
3. bei denen mindesten 80 % der Versuchspersonen das gleiche Substantiv verwendet hatten, um einen bestimmten Satz zu komplettieren.

So wurden 91 ambige Wörter des Deutschen ermittelt, die zwei im Wortschatz der Versuchspersonen verankerte unterschiedlich frequente Bedeutungen aufweisen. Diese 91 ambigen Wörter bildeten den Ausgangspunkt für die Erstellung der Stimulusmaterialien für Wort- und Satzexperimente.

### 6.2.2 Versuchspersonen

Die Versuchspersonen für die EEG-Experimente waren durchgängig rechtshändige Personen weiblichen und männlichen Geschlechts zwischen 18 und 31 Jahren, deren Muttersprache Deutsch ist. Der überwiegende Teil war zum Experimentzeitpunkt an einer Leipziger Hochschule eingeschrieben. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer verfügten über eine normale Sehfähigkeit, z.T. mit Hilfe von Kontaktlinsen oder Brille; sie erhielten einen Stundensatz von 12 DM. Alle Versuchsperson gaben an, keine Beschwerden oder Erkrankungen zu haben, die die Experimente hätten beeinflussen können. Jede Versuchsperson nahm nur an einem Telexperiment teil.

Alle Versuchspersonen hatten eine ins Deutsche übersetzte und leicht angepasste Version des *Lesespannentests* (*reading span test*) absolviert<sup>1</sup>, was eine Einteilung in Gruppen geringerer und höherer Lesespanne ermöglichte (Daneman & Carpenter, 1980; Steinhauer, 2001). Versuchspersonen mit mittleren Spannen wurden ebenfalls getestet, gingen jedoch nur in die Analyse über die gesamte Versuchspersonengruppe ein.

#### Experiment 1.1

Am ersten Teil des Experiments nahmen 45 Versuchspersonen (22 männlich) im Alter von 19 bis 30 Jahren teil (Mittelwert: 23,7 Jahre). Die Gruppe mit geringer Lesespanne bildeten 15 der 45 Versuchspersonen mit Spannen zwischen 2 und 3,5 (Mittelwert: 3). Fünfzehn Versuchspersonen mit Spannen zwischen 4 und 6 wurden der Gruppe mit großer Lesespanne zugeordnet (Mittelwert: 4,7).

---

<sup>1</sup>vgl. Erläuterungen und Diskussion des Lesespannentests in Abschnitt 4.4.3

### Experiment 1.2

Am zweiten Teil des Experiments nahmen 30 Versuchspersonen (15 männlich) im Alter von 19 bis 29 Jahren teil (Mittelwert: 24,2 Jahre). Mit Lesespannen zwischen 4,5 und 6 wurden 14 Versuchspersonen in die Gruppe mit großer Lesespanne übernommen (Mittelwert: 4,9). Da 16 Versuchspersonen mit einer Lesespanne zwischen 2 und 3,5 teilgenommen hatten, wurden die zwei Versuchspersonen, deren Datensätze die meisten Artefakte enthielten, nicht in die Analyse einbezogen. Damit ergab sich für die Gruppe mit geringer Lesespanne ein Mittelwert von 2,7.

### Experiment 1.3

Am dritten Teil des Experiments nahmen 40 Versuchspersonen (17 männlich) im Alter zwischen 20 und 31 Jahren (Mittelwert: 23 Jahre) teil. Mit Lesespannen zwischen 2 und 3,5 (Mittelwert: 3,0) wurden 15 Versuchspersonen der Gruppe mit geringer Spanne und 15 Versuchspersonen mit Spannen zwischen 4,5 und 6 (Mittelwert: 5,3) der Gruppe mit großer Lesespanne zugeordnet.

## 6.2.3 Stimuli

### Experiment 1.1

**Primes** Sechzig Komposita wurden unter Verwendung von ambigen Wörtern der Vorstudie (vgl. Abschnitt 6.2.1) als Primes gebildet (*Ballkleid*). Es entstanden Substantiv-Komposita, bei denen die Disambiguierung durch die Kopfkonstituente die subordinierte Bedeutung des ambigen Wortes erforderte (*Ball* in *Ballkleid*, vgl. die in Anhang B.1 dokumentierten Materialien). Es wurden ausschließlich semantisch transparente, niedrigfrequente Komposita verwendet.

Die Prime-Komposita wurden von einer professionellen Sprecherin jeweils drei Mal eingesprochen. Die Aufzeichnung erfolgte über einen DAT-Rekorder. Nach der Digitalisierung des gesamten Materials wurde die qualitativ beste Version jedes Kompositums ausgewählt. Dabei dienten die Betonung in Bezug auf Korrektheit und Natürlichkeit, sowie die Aussprache und die Aufnahmequalität als Auswahlkriterien.

Jedes Kompositum wurde in einer separaten Datei mit jeweils 30 ms Pause am Anfang und Ende gespeichert. Das Ende der ambigen Konstituente wurde nach Gehör und mit Hilfe des visuell dargestellten Spektrums des Kompositums ermittelt und als Millisekunden-Angabe übernommen. Die durchschnittliche Dauer eines Kompositums betrug 1290 ms ( $\sigma = 195$  ms), die des ambigen Determinierers 557 ms ( $\sigma = 124$  ms), und die Kopfkonstituenten wiesen eine durchschnittliche Dauer von 734 ms ( $\sigma = 154$  ms) auf.

**Targets** Als relatierte Targets dienten Wörter, deren Bedeutung einen Bezug zur dominanten Bedeutung des ambigen Wortes aufwiesen. Darüberhinaus kamen unrelatierte und Pseudowort-Targets zur Anwendung (vgl. Tabelle 6.1, das Material ist in Anhang B.2 dokumentiert).

Die semantisch relatierten Targetwörter für ein ambiges Wort wurden in Bezug auf Frequenz und Silbenanzahl möglichst gut aufeinander abgestimmt (Centre for Lexical Information, 1995). Die Auswahl der unrelatierten Targets orientierte sich wiederum an Frequenz und Silbenanzahl der relatierten Targetwörter.

Die so ermittelten Targets wurden in einem rein visuellen Vortest mit 20 Versuchspersonen geprüft. Dabei wurden die ambigen Wörter für 300 ms als Einzelwörter angeboten. Die potentiellen Targetwörter wurden mit 250 ms ISI ebenfalls für 300 ms zur lexikalen Entscheidung präsentiert. Die im Experiment verwendeten Targets wiesen in diesem Test im Vergleich zu unrelatierten Targets in jedem einzelnen Fall signifikant kürzere Erkennungszeiten auf (*Ball* → *Kind* bzw. *Ball* → *Tanz* gegenüber *Ball* → *Grund*). Sie unterschieden sich jedoch nicht von den unrelatierten Targets, wenn als Prime ein Wort angeboten wurde, das zu allen drei Targetwörtern unrelatiert war.

Pseudowort-Targets waren frei gebildet und phonologisch oder orthographisch nicht an reale Wörter angelehnt (*Malg*). Ihre Silbenanzahl orientierte sich an der Silbenanzahl der verwendeten Wort-Targets.

**Prime-Target-Kombinationen** Insgesamt wurden 200 Prime-Target-Paare angeboten, von denen 60 aus Prime-Komposita mit ambigen Wörtern aus den Vortests bestanden (vgl. Anhang B.2). Diese wurden in zwei experimentellen Bedingungen entweder mit den dominant relatierten oder mit unrelatierten Targetwörtern angeboten. Wiederholungseffekte wurden vermieden, indem zwei Experiment-Versionen hergestellt wurden. Während die eine Version die kritischen Komposita in Verbindung mit dem dominant relatierten Target enthielt, wurde in der zweiten Version an gleicher Stelle das unrelatierte Target präsentiert.

Vierzig weitere Komposita enthielten ebenfalls ambige Determinierer. Diese hatten den Kriterien der Vortests auf Grund von Vagheit (z.B. *Zug*) oder auf Grund unterschiedlicher Genera (z.B. *Leiter*, die *Leiter* [*fem.*]: bzw. der *Leiter* [*mask.*]) nicht genügt. Die Komposita mit diesen ambigen Wörtern erschienen in Kombination mit Pseudowörtern. Zur Ausbalancierung wurden noch 100 Füllkomposita mit unambigen Determinierern hinzugefügt, 60 kombiniert mit Pseudowort-Targets, 40 mit unrelatierten Zielreizen. Somit standen in jeder Experimentversion zur Hälfte Wörter und Pseudowörter zur lexikalen Entscheidung. Jeweils 15 % der Targets wiesen eine semantische Verbindung zum ambigen Determinierer des Kompositums auf. 50 % der Komposita verfügten über ambige

Determinierer. Die Präsentationsreihenfolge der Stimuli wurde über kontrollierte Zufallsverteilungen festgelegt, die in *Turbo Pascal* realisiert wurden.

### Experiment 1.2

Experiment 1.2 nutzte bis auf die relatierten Targets die gleichen Stimuli wie Experiment 1.1. Um die Aktivierung der subordinierten Bedeutung zu testen, wurden statt dominant relatierter Targets subordinierte Targetwörter angeboten (vgl. Tabelle 6.1). Diese wurden über denselben Vortest ermittelt wie die dominanten Targets (s.o.). Die Stimuli sind in Anhang B.2 dokumentiert.

### Experiment 1.3

Experiment 1.3 nutzte die gleichen Stimuli wie Experiment 1.1.

auditives Prime	visuelle Targets	semantische Relation
Ballkleid	Kind (1.1, 1.3)	zur dominanten Bedeutung
Ballkleid	Tanz (1.2)	zur subordinierten Bedeutung
Ballkleid	Grund	unrelatiert zu beiden Bedeutungen
Ballkleid	Malg	Pseudowort

Tabelle 6.1: *Targettypen der Experimente auf Wortebene. In den auditiv präsentierten Komposita wurde immer die subordinierte Bedeutung des ambigen Wortes relevant. Als Targetwörter dienten frequenz- und silbenkontrollierte Wörter (dominant, subordiniert, unrelatiert) und Pseudowörter.*

## 6.2.4 Design und Versuchsablauf

### Experiment 1.1

**Design** In einem *cross-modal-priming*-Paradigma<sup>2</sup> (Tabossi, 1996, für einen Überblick) dienten Komposita, deren Determinierer-Konstituenten ambige Wörter waren (*Ballkleid*), als Primes. Die Präsentation ambiger Wörter innerhalb von Komposita erfolgte, um die Vergleichbarkeit der Experimente 1 und 2 zu gewährleisten. Die Komposita wurden auditorisch präsentiert. Mit 0 ms ISI zum Ende des auditorischen Signals des ambigen Wortes wurde ein visuelles Targetwort angeboten. Dieses war entweder zur dominanten Bedeu-

<sup>2</sup>*cross-modal* bezeichnet eine Experimentanordnung, in der Stimuli in verschiedenen Perzeptionsdomänen angeboten werden. Üblich ist die Kombination von auditiv und visuell. Der Vorteil liegt darin, dass Reize gleichzeitig angeboten werden können ohne perzeptuell zu konkurrieren.

tion des ambigen Determinierers relatiert (*Kind*), unrelatiert (*Grund*) oder ein Pseudowort (*Malg*). Über diese Targets war eine lexikale Entscheidungsaufgabe<sup>3</sup> auszuführen.

**Versuchsablauf** Die Experimente wurden computergestützt angeboten; die Stimuluspräsentation erfolgte über das *Experimental Run Time System* (Beringer, 1993). Die Experimente fanden in einer elektrisch abgeschirmten Kabine bei gedämpftem Licht und Schallschutz statt. Die Versuchspersonen saßen in einem speziell ausgerüsteten, bequemen Stuhl im Abstand von einem Meter vor einem Computermonitor. Jedes Experiment begann mit einer Instruktion und zehn Prime-Target-Paaren zur Übung und dauerte inklusive Instruktion und Übung ca. 15 Minuten.

Die auditiven Stimuli wurden über zwei Lautsprecherboxen eingespielt. Jeder Durchlauf begann mit der gleichzeitigen, 200 ms langen Darbietung eines Fixationskreuzes und eines 1000 Hz-Tons. Nach weiteren 200 ms ohne jegliche Einspielung begann die Präsentation des Kompositums. Direkt zu dessen Ende wurden die Targets 300 ms lang in schwarzen Buchstaben auf hellgrauem Hintergrund angeboten (vgl. Experiment 1.1 in Abbildung 6.1). Sie waren innerhalb von 2° des visuellen Feldes gehalten.

Die lexikale Entscheidung wurde über eine Tastatur registriert. Die maximale Reaktionszeit betrug 1500 ms, es erfolgte keine Rückmeldung über die Korrektheit der lexikalen Entscheidung.

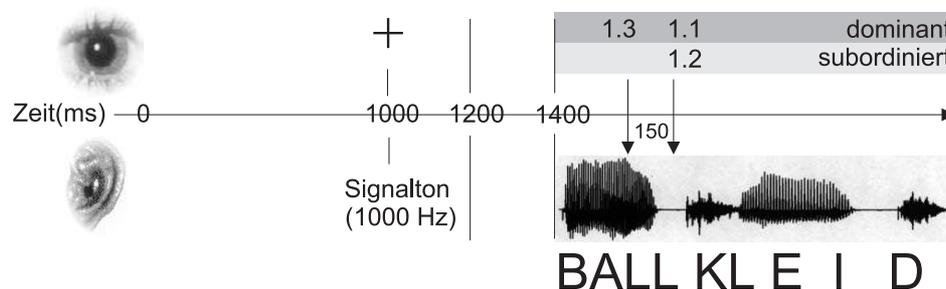


Abbildung 6.1: Präsentationszeitpunkte der visuellen Targets und semantische Relation zu den ambigen Primewörtern in den drei Teilen von Experiment 1 (1.1-1.3).

Die Versuchspersonen waren instruiert, sich auf die lexikale Entscheidung über das Targetwort zu konzentrieren, ohne die auditive Präsentation zu vernachlässigen. Sie erhielten genaue Instruktionen zur Vermeidung von Augen- und Muskelbewegungen.

<sup>3</sup>Die Versuchspersonen bekommen Buchstabenketten gezeigt, die entweder ein existierendes Wort (*Wort*) darstellen oder eine phonologisch mögliche Buchstabenverbindung, der jedoch keine Bedeutung zugeordnet ist (*Pseudowort*). Sie reagieren, indem sie bei einem Wort die eine, bei einem Pseudowort die andere Taste auf einer speziellen Tastatur drücken. Diese Versuchsanordnung wird häufig in Kombination mit Untersuchungen zum semantischen Priming angewendet.

### Experiment 1.2

Design und Versuchsablauf waren identisch zu Experiment 1.1 (vgl. Abbildung 6.1).

### Experiment 1.3

Das Design entsprach dem von Experiment 1.1. Der Versuchsablauf wurde im Vergleich zu Experiment 1.1 leicht variiert. In Experiment 1.3 erfolgte die Präsentation der Targetwörter bereits 150 ms vor Ende des ambigen Wortes. Der Rest des Versuchsablaufs blieb unverändert (vgl. Abbildung 6.1).

## 6.2.5 Datenerfassung

Die Datenerfassung war für alle drei Telexperimente identisch.

Das Elektroenzephalogramm (EEG) der Versuchspersonen wurde mit 25 Ag/AgCl-Elektroden aufgenommen: FP1, FP2, F7, F3, FZ, F4, F8, FT7, FC3, FC4, FT8, T7, C3, CZ, C4, T8, CP5, CP6, P7, P3, PZ, P4, P8, O1 und O2. Diese Elektroden waren in eine Elektrodenhaube (Electrocap international) eingebettet. Der rechte Mastoid (M2, teilw. auch bezeichnet als X2)<sup>4</sup> diente als Referenz. Ein bipolares horizontales Elektrookulogramm (EOG) wurde mit zwei Elektroden am jeweils äußeren linken und rechten Canthus<sup>5</sup> aufgezeichnet. Ein ebenfalls bipolares vertikales EOG wurde mit Elektroden registriert, die über und unter dem rechten Auge, orientiert an der geradeaus gerichteten Pupille der Versuchsperson, angebracht waren. Die Impedanz zwischen Elektroden und Kopfhaut wurde unter  $5k\Omega$  gehalten, die Signale wurden kontinuierlich in einem Band von Gleichstrom bis 70 Hz registriert und mit 250 Hz digitalisiert. Für Abbildungen von ereigniskorrelierten Potentialen wurde ein Tiefpassfilter von 17 Hz eingesetzt, um die wesentlichen Elemente des Kurvenverlaufs hervorzuheben.

## 6.2.6 Datenanalyse

Die Datenanalyse war für alle drei Telexperimente identisch.

### Behaviorale Daten

Für die lexikale Entscheidungsaufgabe wurden die Reaktionszeiten ab Beginn der Targetpräsentation registriert. Mit repeated-measure ANOVAs wurden zwei Eingangsanalysen berechnet. Die erste Analyse wurde durchgeführt, um die Daten mit den Experimenten

---

<sup>4</sup>Mit *Mastoid* wird ein Knöchelchen bezeichnet, eine kleine Erhabenheit hinter dem Ohr.

<sup>5</sup>Mit *Canthus* werden die Treffpunkte von oberem und unterem Augenlid bezeichnet.

vergleichen zu können, die die Arbeitsgedächtnisspanne der Versuchspersonen nicht kontrolliert hatten. Diese ANOVA bezog die gesamte Versuchspersonengruppe mit ein und wurde über den Faktor *Priming* (zweigestuft: relatiert, unrelatiert) berechnet. Zur Ermittlung interindividueller Unterschiede wurde eine zweite Analyse über die geringere Anzahl von Versuchspersonen in den Gruppen mit verschiedener Lesespanne mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor *Arbeitsgedächtnis* (kleine Lesespanne, große Lesespanne) und dem Faktor *Priming* (zweigestuft: relatiert, unrelatiert) berechnet. Die Effekte des Faktors *Priming* werden für die zweite Analyse nur berichtet, wenn sie von den Effekten für die gesamte Versuchspersonengruppe abweichen. In alle Analysen gingen nur korrekt als Wort bzw. Pseudowort erkannte Targets ein. Ein Effekt wurde bei  $p < .05$  als signifikant gewertet.

### Ereigniskorrelierte Potentiale

Ein Zeitfenster von 200 ms vor der Präsentation des Targets diente als Vergleichsbasis (*baseline*). Die EKPs wurden für jede Experiment-Bedingung und jede Elektrode einzeln erst für jede Versuchsperson und darauf aufbauend für die entsprechenden Versuchspersonengruppen gemittelt. Technische und Augenbewegungsartefakte (EOG-Kriterium:  $\pm 50\mu V$ ) wurden automatisch entfernt und gingen nicht in die Analyse ein.

Ab 650 ms nach Targetbeginn traten verstärkt Augenartefakte auf. Aus diesem Grund wurden zwei EKP-Mittelungen durchgeführt. Die erste war auf den N400-Bereich konzentriert und bezog alle artefaktfreien EKPs bis 650 ms ein. In Telexperiment 1.1 mussten 1,8 % der EKPs aufgrund von Artefakten ausgeschlossen werden, in 1.2 waren es 8 % und im dritten Experimentteil (1.3) 4,5 %. In eine zweite Berechnung gingen nur diejenigen Datensätze ein, in denen bis eine Sekunde nach Beginn der Stimuluspräsentation keine Artefakte vorlagen. Hier mussten 17,4 % (Experiment 1.1), 27 % (Experiment 1.2) und 15,5 % (Experiment 1.3) der Trials entfernt werden.

Zwei spezielle Zeitbereiche im EKP wurden statistisch ausgewertet: das typischerweise mit der N400-Komponente assoziierte Zeitfenster zwischen 300 und 500 ms und für spätere Effekte der Zeitraum zwischen 650 und 1000 ms. In diesen Zeitfenstern wurden repeated-measure ANOVAs basierend auf der mittleren Amplitude der EKPs über jeweils 50 ms für jede Elektrode einzeln berechnet. Ein Effekt wurde bei  $p < .05$  als signifikant gewertet. Wieder wurden zwei Eingangsanalysen vorgenommen. Die erste wurde über alle Versuchspersonen für den Faktor *Priming* (zweigestuft: relatiert, unrelatiert) gerechnet. Die zweite Eingangsanalyse wurde über die geringere Anzahl von Versuchspersonen in den Gruppen mit verschiedener Lesespanne mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor *Arbeitsgedächtnis* (kleine Lesespanne, große Lesespanne) und dem Faktor *Priming* (zweigestuft: relatiert, unrelatiert) berechnet. Die Geisser-Greenhouse Korrektur (Green-

house & Geisser, 1959) kam bei mehr als einem Freiheitsgrad im Zähler grundsätzlich zur Anwendung. Aus Platzgründen wird auf die Dokumentation der p- und F-Werte für die Einzelelektroden verzichtet. Tabellen im Anhang der Arbeit (vgl. Anhang A) bieten einen Überblick über die Ergebnisse der ANOVAs. In den Tabellen sind für die kritischen Zeitbereiche die p-Werte der ANOVAs über die Einzelelektroden und Zeitfenster grafisch umgesetzt. Dabei werden Trends ( $.05 \geq p < .1$ ) durch einen Punkt, signifikante Effekte mit Werten von  $p < .05$  durch einen Strich und p-Werte von  $p < .01$  durch einen Doppelpunkt dargestellt.

## 6.3 Ergebnisse

### 6.3.1 Reaktionszeiten

In allen drei Telexperimenten wurden Targetwörter, die zu einer der beiden Bedeutungen des ambigen Primewortes semantisch related waren, schneller erkannt als unrelatierte Kontrollwörter und Pseudowörter. Die Ergebnisse der Telexperimente sind in Tabelle 6.2 zusammengefasst.

visuelles Target		Reaktionszeit (ms)				Statistik
Relation	wo	RZ <sub>rel</sub>	RZ <sub>unrel</sub>	RZ <sub>pseu</sub>	Priming	
1.1: DOM	Ball <sup>↓</sup>	554,4	571,9	627,1	17,5*	$F(1,44) = 17.72$
1.2: SUB	Ball <sup>↓</sup>	545,1	569,0	628,0	23,9*	$F(1,29) = 25.98$
1.3: DOM	Bal <sup>↓</sup> 1	543,8	565,6	654,7	21,8*	$F(1,39) = 17.35$

Tabelle 6.2: Reaktionszeiten in Experiment 1, ein \* signalisiert  $p < .0002$  oder kleiner. In allen drei Telexperimenten belegen signifikante Priming-Effekte den erhöhten Aktivierungsgrad für Targetwörter, die eine semantische Beziehung zu einer der beiden Bedeutungen der ambigen Wörter aufwiesen. RZ = Reaktionszeit, rel = related, unrel = unrelatiert, pseu = Pseudowort. Priming-Effekte ergeben sich aus dem Vergleich related vs. unrelatiert.

Es wurden keine *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekte (Experiment 1.1:  $F(1,28) = 0.03$ , n.s., Experiment 1.2:  $F(1,26) = 0.82$ , n.s. und Experiment 1.3:  $F(1,28) = 0.94$ , n.s.) oder Interaktionen mit dem Faktor *Arbeitsgedächtnis* festgestellt (Experiment 1.1:  $F(1,28) = 0.11$ , n.s., Experiment 1.2:  $F(1,26) = 0.03$ , n.s. und Experiment 1.3:  $F(1,28) = 0.17$ , n.s.).

### 6.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

In allen drei Experimentteilen konnte neben Modulationen im Zeitbereich der N400-Komponente eine späte Negativierung mit fronto-zentraler Schädelverteilung registriert werden. Im folgenden werden die elektrophysiologischen Effekte der einzelnen Telexperimente gesondert für die Zeitfenster von 300 bis 500 und 650 bis 1000 ms beschrieben.

#### Das Zeitfenster zwischen 300 und 500 ms

##### Experiment 1.1: dominante Targets an Position Ball

**Alle Versuchspersonen.** Dominant relationale Targets riefen im Vergleich zu unrelatierten Kontrollwörtern zwischen 300 und 500 ms eine geringere Negativierung hervor (vgl. Abbildung 6.2). Wie die ANOVAs über die Einzelelektroden bestätigten, setzten die Un-

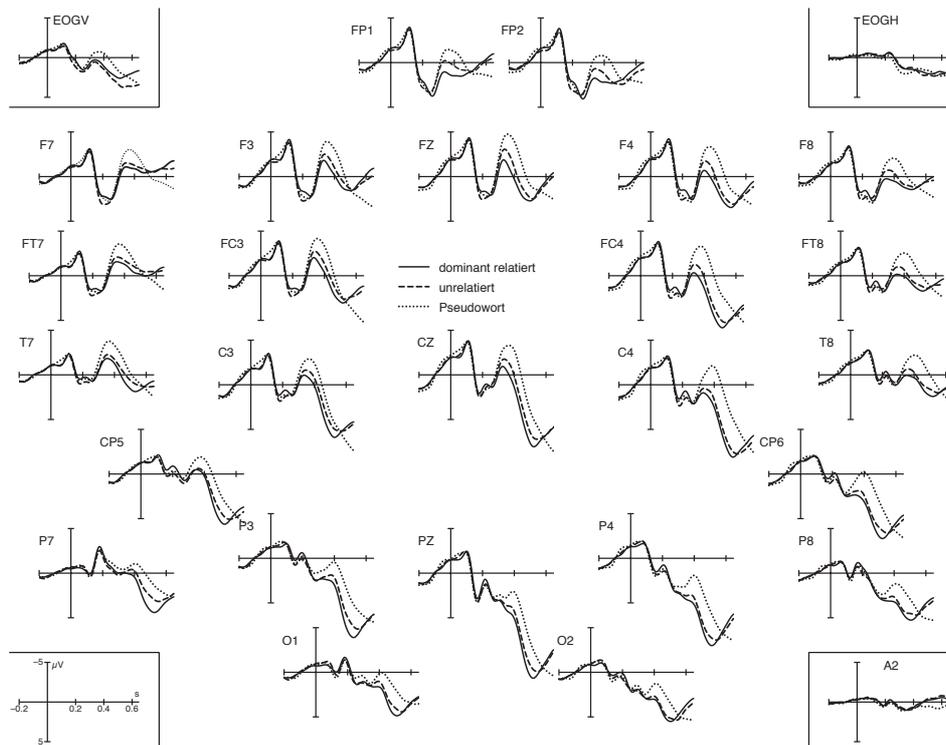


Abbildung 6.2: Dominant relationale Targets am Ende des ambigen Wortes (1.1). Reduzierte Negativierungen für dominante im Vergleich zu unrelatierten Targets traten breit verteilt im Zeitfenster zwischen 350 und 500 ms auf. Abgebildet sind dominant relationale (durchgezogene Linie) und unrelatierte Targets (gestrichelt) sowie Pseudowörter (gepunktet). In dieser und allen folgenden Abbildungen der vorliegenden Arbeit ist Positivität nach unten, Negativität nach oben abgetragen.

terschiede zwischen den Potentialverläufen um 300 ms an frontalen und zentralen Elektroden ein (FZ, F4, FC3, FC4, C4, C3, C7, CP6) und wurden um 400 ms auf posterioren Elektroden signifikant (PZ, P3, P7). Statistische Details zu zeitlichem Verlauf und Schädelverteilung des Effekts sind in Tabelle A.1 auf Seite 171 im Anhang der Arbeit dokumentiert.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Es konnten auf keiner Elektrode Effekte im Zusammenhang mit dem Faktor *Arbeitsgedächtnis* festgestellt werden.

### Experiment 1.2: subordinierte Targets an Position Ball<sup>↓</sup>

**Alle Versuchspersonen.** Subordinierte Targetwörter evozierten zum Ende des ambigen Wortes zwischen 350 und 500 ms an fronto-zentralen und posterioren Elektroden geringere Negativierungen als unrelatierte Targets (vgl. Abbildung 6.3 und Tabelle A.3). In den ANOVAs für die Einzelelektroden zeigte sich jedoch nur auf F4 und FC4 ein signifikanter *Priming*-Effekt für die Gipfel (Minima) der Negativierungen.

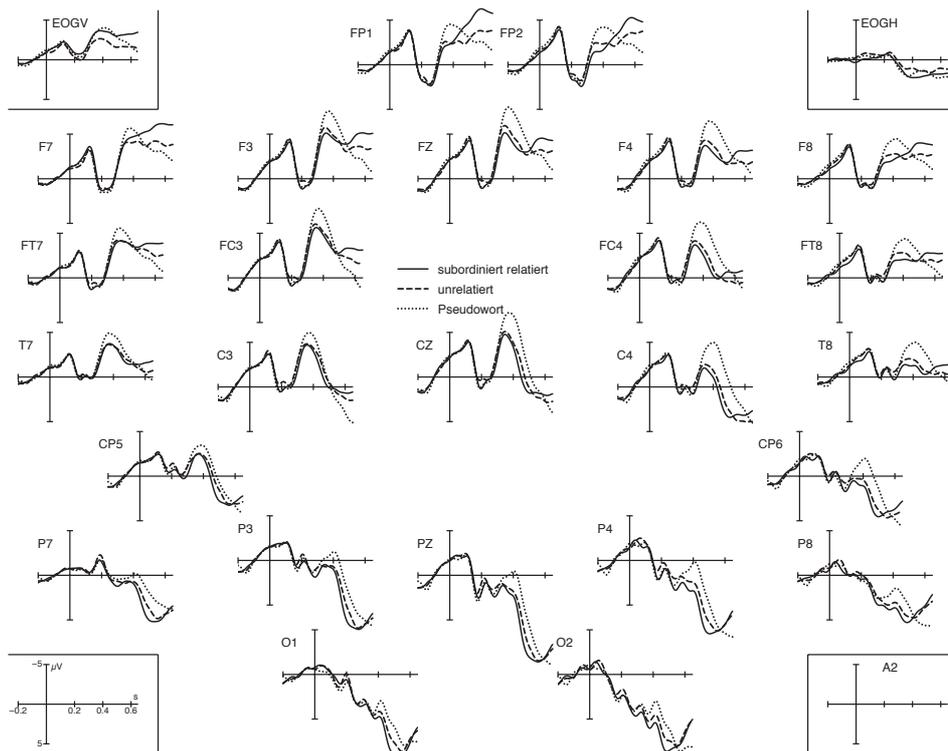


Abbildung 6.3: Subordiniert relationierte Targets am Ende des ambigen Wortes (1.2). Signifikante Effekte rechts-frontal noch für die Gipfel der Komponenten, zentral-posterior nur noch für die abfallenden Flanken der Negativierungen.

Wie eine Latenzanalyse belegte, lag auf F4 das Minimum der Negativierungen für subordinierte und unrelatierte Targets bei 344 ms (F4:  $\text{Min}_{\text{sub}}=-3.8 \mu\text{V}$ ,  $\text{Min}_{\text{unr}}=-4.2 \mu\text{V}$ ). Unterschiede in den Potentialverläufen für beide Targetarten wurden hier zwischen 350 und 450 ms registriert. Auf FZ, FC3 und FT8 wurden signifikante Effekte erst zwischen 400 und 450 ms registriert. Sie blieben auf die abfallende Flanke der Negativierungen beschränkt, die um 344 ms (FZ:  $\text{Min}_{\text{sub}}=-5.2 \mu\text{V}$ ,  $\text{Min}_{\text{unr}}=-5.9 \mu\text{V}$ ) ihre maximale Ausprägung erreichten.

Zentral und posterior-occipital unterschieden sich subordinierte und unrelatierte Targets deskriptiv kaum noch voneinander. In den ANOVAs zeigten sich jedoch ab 400 bzw. 450 ms für 100 ms auch hier signifikante Effekte (T7, C3, CZ, C4, CP5, CP6, P7, P3, PZ, P4, O1 und O2, vgl. Tabelle A.3). Auf C3, CZ und C4 unterschieden sich subordinierte und unrelatierte Targets zwischen 400 und 500 ms – die Minima der Komponenten lagen jedoch deutlich vor dem Einsetzen der Effekte bei 344 ms (CZ:  $\text{Min}_{\text{sub}}=-4,9 \mu\text{V}$ ,  $\text{Min}_{\text{unr}}=-5,1 \mu\text{V}$ ). Auf posterioren Elektroden erreichten die Negativierungen ihre maximale Ausprägung um 330 ms und damit bis zu 100 ms vor dem Einsetzen signifikant unterschiedlicher Potentialverläufe (vgl. PZ in Abbildung 6.4). Bei 330 ms konnten dagegen keinerlei Unterschiede zwischen subordinierten und unrelatierten Targetwörtern ermittelt werden (PZ:  $\text{Min}_{\text{sub}}=0,9 \mu\text{V}$ ,  $\text{Min}_{\text{unr}}=0,8 \mu\text{V}$ ).

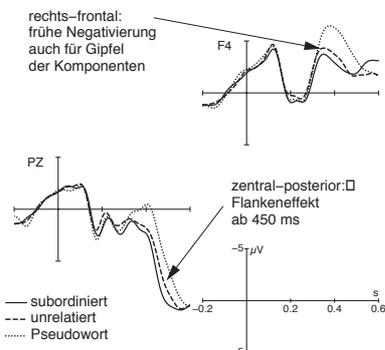


Abbildung 6.4: Früher frontaler und späterer zentral-posteriorer Effekt in Teilerperiment 1.2. Während rechts frontal die statistisch signifikanten Unterschiede zwischen subordinierten und unrelatierten Targetwörtern mit den Gipfeln der Negativierungen zusammenfielen, zeigten auf zentralen und posterioren Bereichen der Kopfoberfläche nur noch die abfallenden Flanken der Negativierungen Unterschiede.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Die Einzelelektroden-ANOVAs ergaben eine Interaktion *Arbeitsgedächtnis\*Priming* zwischen 250 und 400 ms auf frontalen Elektroden (FP2, F3, FZ, F4, F8, FC4, FT8, C4, T8, vgl. Tabelle A.4). Versuchspersonen mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität wiesen auf diesen Elektroden gleiche Potentialverläufe für subordinierte und unrelatierte Targets auf. Versuchspersonen mit großer Lesespanne dagegen evozierten signifikant reduzierte Negativierungen für subordinierte im Vergleich zu unrelatierten Targets auf F3, FT8, C4 und T8, Trends wurden auf FP2, FZ, F4 und FC4 registriert (vgl. Tabelle A.5 und die Abbildungen 6.11 und 6.12 auf Seite 79).

### Experiment 1.3: dominante Targets an Position Bal<sup>↓</sup>1

**Alle Versuchspersonen.** 150 ms vor Ende des Sprachsignals des ambigen Wortes konnten keinerlei elektrophysiologische Hinweise auf eine Aktivierung der dominanten Bedeutung gefunden werden (vgl. Abbildung 6.5). Auch statistisch zeigten sich keinerlei signifikante Unterschiede zwischen dominanten und unrelatierten Targetwörtern. **Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Zwischen 350 und 400 ms zeigten sich auf F3, FZ und F4 *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktionen. Die ANOVAs in den Gruppen erbrachten jedoch auf keiner Elektrode signifikante Effekte; eine Latenzanalyse über die Minima der Komponenten ergab ebenfalls weder einen *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekt (F4:  $F(1, 28) = 0.13$ , n.s.) noch eine *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion (F4:  $F(1, 28) = 0.72$ , n.s.).

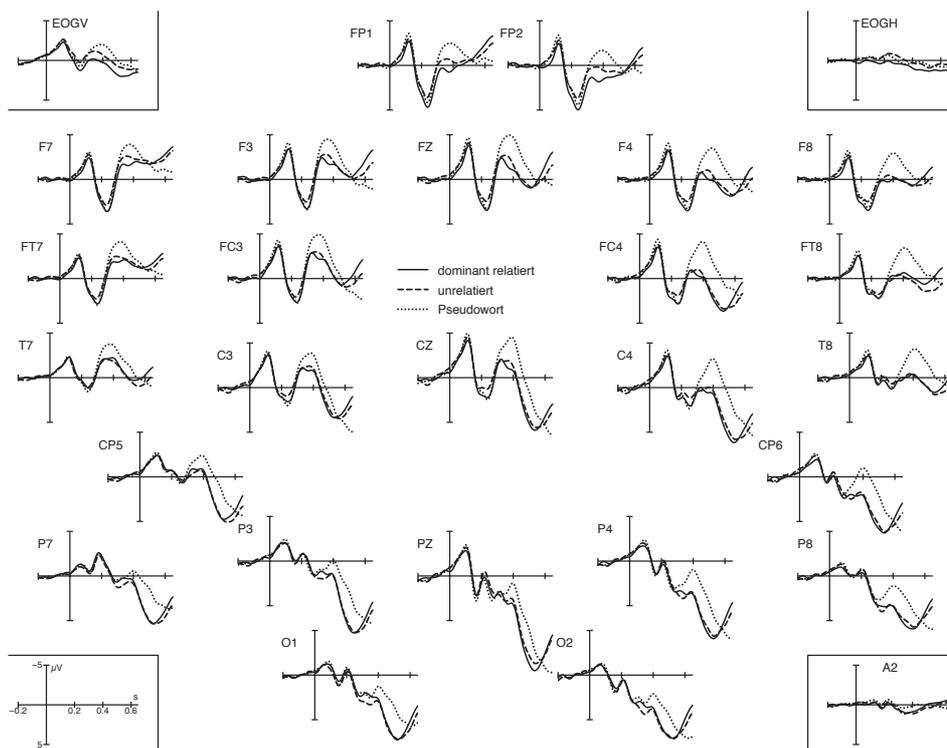


Abbildung 6.5: Dominant relatierte Targets 150 ms vor Ende des ambigen Wortes (1.3). Keine signifikanten Unterschiede in der Verarbeitung von dominanten und unrelatierten Targetwörtern.

## Das Zeitfenster zwischen 650 und 1000 ms

### Experiment 1.1: dominante Targets an Position Ball<sup>↓</sup>

**Alle Versuchspersonen.** Es wurden keine Unterschiede in der Verarbeitung dominanter und unrelatierter Targetwörter festgestellt.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Zwischen 750 und 950 ms traten an überwiegend fronto-zentralen Elektroden (FP1, FP2, F7, F3, FZ, F4, FC3, T7, C3, CP5, vgl. Tabelle A.2) *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekte zutage. Wie in Abbildung 6.6 dargestellt, zeigten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne für dominant relatierte *und* unrelatierte Targetwörter frontale Negativierungen, Versuchspersonen mit großer Lesespanne jedoch nicht. Die Analyse innerhalb der *Arbeitsgedächtnis*-Gruppen erbrachte keinerlei weitere Befunde. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten demnach für *beide* Targettypen einen signifikant negativeren Potentialverlauf als Versuchspersonen mit großer Lesespanne.

### Experiment 1.2: subordinierte Targets an Position Ball<sup>↓</sup>

**Alle Versuchspersonen.** In Teilerperiment 1.2 konnten im Zeitfenster ab 650 ms nach Präsentation der visuellen Targetwörter keine signifikanten Effekte registriert werden.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Auch die EKPs der beiden Versuchspersonengruppen zeigten keine signifikant unterschiedlichen Verläufe. Der deskriptive Vergleich der EKPs der Teilerperimente 1.1 und 1.2 (vgl. Abbildungen 6.6 und 6.7) ließ jedoch vermuten, dass in Experiment 1.2 bei beiden Gruppen eine späte Negativierung auftrat, die ähnliche Merkmale zeigte wie die für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Teilerperiment 1.1. Eine *between-Design*-ANOVA mit den Faktoren *Teilerperiment* (zweigestuft: Teilerperiment 1.1, Teilerperiment 1.2) und *Arbeitsgedächtnis* (zweigestuft: große Lesespanne, kleine Lesespanne) konnte dies untermauern. Es zeigten sich *Teilerperiment*\**Arbeitsgedächtnis*-Interaktionen zwischen 750 und 950 ms auf F3, FZ und F4 und zwischen 850 und 950 ms auf FP1, F7, FT7, FC3, FT8, T7, C3 und CP5 (vgl. Tabelle A.6 im Anhang). Nachfolgende ANOVAs für die Elektroden mit *Teilerperiment*\**Arbeitsgedächtnis*-Interaktion bestätigten, dass die EKPs, die in Teilerperiment 1.2 für alle Versuchspersonen gemessen wurden, keine signifikanten Unterschiede zu den späten Negativierungen aufwiesen, die in Teilerperiment 1.1 für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne ermittelt wurden. Auf F7, F3, FT7, FC3, T7 und C3 jedoch, zwischen 650 und 950 ms, unterschieden sich die EKPs aller Versuchspersonen von Teilerperiment 1.2 signifikant von denen der Versuchspersonen mit großer Lesespanne in Teilerperiment 1.1 (vgl. Tabelle A.7). Somit kann angenommen werden, dass in Teilerperiment 1.2 die Präsentation subordinierter und unrelatierter Targetwörter durch *alle* Versuchspersonen mit einer späten Negativierung beantwortet wurde.

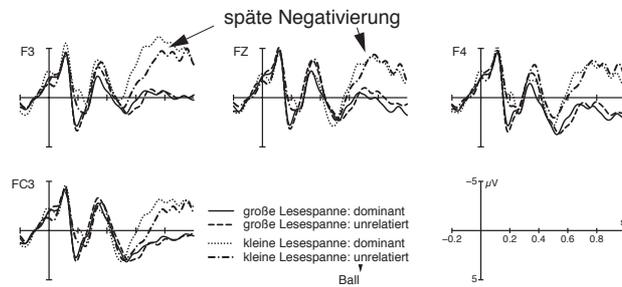


Abbildung 6.6: Späte Negativierung bei dominanten Targets am Ende des ambigen Wortes (1.1). Die EKPs für Versuchspersonen mit großer (durchgezogen/gestrichelt) und geringer Lesespanne (gepunktet/Strich-Punkt) unterscheiden sich, aber in keiner Gruppe wurden Unterschiede bei der Verarbeitung dominant relatierter und unrelatierter Targetwörter registriert.

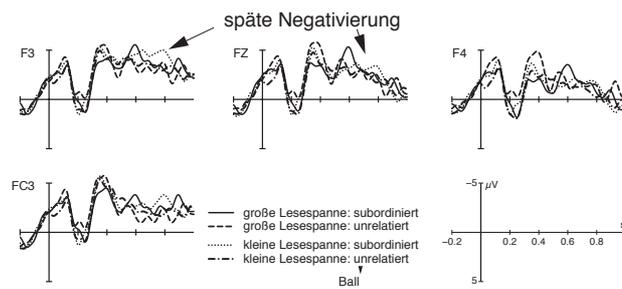


Abbildung 6.7: Späte Negativierungen für beide Gruppen auf subordinierte und unrelatierte Targets am Ende des ambigen Wortes (1.2).

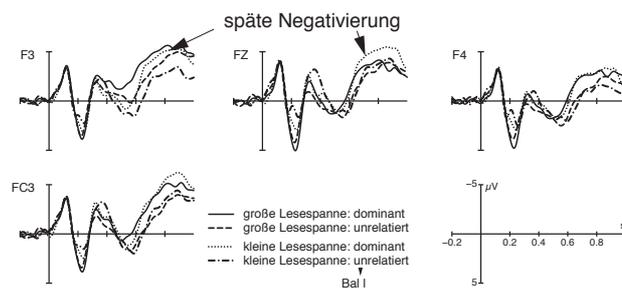


Abbildung 6.8: Späte Negativierungen für dominante relatierte und unrelatierte Targets 150 ms vor dem Ende des ambigen Wortes (1.3). EKPs für Versuchspersonen mit und großer (durchgezogen/gestrichelt) und geringer (gepunktet/Strich-Punkt) Lesespanne.

### Experiment 1.3: dominante Targets an Position Bal<sup>↓</sup>1

**Alle Versuchspersonen.** Für das Präsentieren dominanter Targetwörter 150 ms vor Ende des ambigen Wortes zeigte die Analyse über die gesamte Versuchspersonengruppe keine signifikanten späten Effekte.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Es gab keine signifikant differierenden Potentialverläufe für Versuchspersonen verschiedener Lesespannen. Wie Abbildung 6.8 zeigt, wurde jedoch wiederum in beiden Versuchspersonengruppen eine späte Negativierung evoziert. Der geplante Vergleich über die Teilexperimente 1.1 und 1.3 bestätigte dies: Die EKPs für dominante und unrelatierte Targets in Teilexperiment 1.3 unterschieden sich in keiner Versuchspersonengruppe von der späten Negativierung, die Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Teilexperiment 1.1 evoziert hatten. Es zeigten sich – vergleichbar zu 1.2 – in 1.3 jedoch vor allem links fronto-zentral zwischen 700-1000 ms wiederum signifikante Unterschiede zu den Potentialverläufen, die bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne in Experiment 1.1 registriert worden waren (vgl. Tabelle A.8). Es kann somit davon ausgegangen werden, dass auch 150 ms vor Ende des ambigen Wortes beide Versuchspersonengruppen mit einer frontalen späten Negativierung auf dominant relatierte und unrelatierte Targetwörter reagierten.

### Zusammenfassung

Mit Experiment 1 wurde die kontextlose initiale Bedeutungsaktivierung ambiger Wörter untersucht. In drei Teilexperimenten wurden Reaktionszeiten und EKPs für die Verarbeitung von Targetwörtern, die zur dominanten oder subordinierten Bedeutung des ambigen Wortes semantisch relatiert waren, analysiert.

*Behaviorale* Priming-Effekte wurden in allen drei Teilexperimenten (1.1, 1.2 und 1.3) registriert. Es traten keinerlei *behaviorale Arbeitsgedächtnis*-Effekte auf. *Elektrophysiologisch* unterschieden sich 150 ms vor Ende des ambigen Wortes (1.3) dominant relatierte nicht von unrelatierten Targetwörtern. Doch bereits zum Ende des ambigen Wortes zeigte sich mit dominanten Targets (1.1) für alle Versuchspersonen ein N400-Effekt. Eine anteriore Negativierung (N300) um 350 ms ging ihm voraus. Bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne konnte eine solche anteriore N300 zum Ende des ambigen Wortes auch mit subordinierten Targets (1.2) evoziert werden. Ein N400-Effekt trat in 1.2 mit subordinierten Targets zum Wortende nicht auf. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten ab 700 ms in allen drei Teilexperimenten eine späte frontale Negativierung für relatierte *und* unrelatierte Targets. In 1.2 (subordiniert/Bal<sup>↓</sup>) und 1.3 (dominant/Bal<sup>↓</sup>1) konnten späte Negativierungen auch für Versuchspersonen mit großer Lesespanne registriert werden. Bei dominant relatierten Targets zum Ende des ambigen Wortes wurden für Versuchspersonen mit großer Lesespanne keine späten Negativierungen registriert.

## 6.4 Diskussion

### 6.4.1 Komposita-Verarbeitung

Die *Reaktionszeitdaten* belegen, dass bei der Verarbeitung semantisch transparenter Komposita deren Konstituenten einzeln aktiviert werden (Hyönä & Pollatsek, 1998; Isel, Gunter & Friederici, im Druck; Sandra, 1990; Zhou & Marslen-Wilson, 2000; Zwitserlood, 1994). Auch die *elektrophysiologischen Messungen* bestätigen mit N300- bzw. N400-Effekten in Experiment 1.1 und 1.2 ein Aktivieren der linken Konstituente.

Somit bestätigen behaviorale und elektrophysiologische Befunde, dass bei der auditiven Präsentation nicht lexikalisierte, transparente Komposita noch vor dem Ende des Kompositums die Determinierer-Konstituente semantisch aktiviert sein kann (vgl. Kohorten-Modell von Marslen-Wilson & Welsh, 1978).

### 6.4.2 Unterschiede zwischen EKPs und Reaktionszeiten

Bei der Präsentation dominanter Targets 150 ms vor Ende des ambigen Wortes (1.3) unterschieden sich behaviorale und elektrophysiologische Reaktionen deutlich voneinander. Während die Reaktionszeiten bereits Priming-Effekte zeigten, war noch keine vergleichbare elektrophysiologische Reaktion zu beobachten. Im Experiment zu ambigen Wörtern von van Petten und Kutas war überraschenderweise das Gegenteil beobachtet worden (van Petten & Kutas, 1987, 1989). Hier spiegelten die EKPs bereits kontextuelle Auswirkungen auf die Aktivierung der beiden Bedeutungen ambiger Wörter wider, während das Benennen der semantisch relatierten Targetwörter noch für beide Bedeutungen vergleichbar stark beschleunigt war.

Diese Befunde sind unterschiedlich interpretierbar. Es kann argumentiert werden, dass EKPs kognitive Prozesse direkter abgreifen und damit eher reagieren als behaviorale Methoden. Dem stehen die Befunde aus 1.1 und 1.2 (dominant bzw. subordiniert/Ball<sup>↓</sup>) der vorliegenden Arbeit entgegen. Hier gingen behaviorale Effekte den elektrophysiologischen voraus. Naheliegender scheint, dass die Aktivierungsebenen, die durch behaviorale und elektrophysiologische Messungen reflektiert werden, nicht identisch sind. Wenn Effekte auf elektrophysiologischer Ebene später einsetzen (wie in 1.1 und 1.2), aber andererseits eher Veränderungen anzeigen (wie in van Petten & Kutas, 1987, 1989) als behaviorale Messwerte, könnten die den EKPs zugrundeliegenden Prozesse flexibler sein als die Prozesse, die in behavioral ermittelten Messwerten reflektiert sind.

Chwilla und Kollegen (Chwilla, Kolk & Mulder, 2000) hatten Reaktionszeiten als Ausdruck *automatischer* Aktivierung auf Lexikonebene, die N400-Komponente jedoch als Reflexion *postlexikaler* Integration interpretiert. Automatische Aktivierung im mentalen

Lexikon muss den postlexikalen Integrationsprozessen im Arbeitsgedächtnis vorgeschaltet sein. Das Einsetzen behavioraler Effekte zeitlich vor elektrophysiologischen in 1.2 und 1.3 liefert somit Evidenz für die Annahmen Chwillas (Chwilla et al., 2000). Die flexible Anpassung der EKPs an kontextuelle Erfordernisse bei unveränderten behavioralen Messwerten, die van Petten und Kutas (1987, 1989) beobachtet hatten, spricht ebenfalls für den basaleren Charakter der behavioral reflektierten Aktivierung.

### 6.4.3 N300 und N400

Zum Ende des ambigen Wortes zeigte sich die semantische Aktivierung der dominanten Bedeutung über eine signifikant reduzierte Negativierung für dominant relationierte Targetwörter (1.1). Die Entwicklung dieser Negativierung, wie sie in Abbildung 6.9 dargestellt ist, weist dabei auf mehr als einen Effekt zwischen 300 und 500 ms hin. 350 ms nach Targetpräsentation setzte auf fronto-zentralen Elektroden ein erster Effekt ein. Er erreichte seine maximale Ausbreitung zwischen 375 und 400 ms auf zentralen Bereichen der Kopfoberfläche. Daran anschließend entwickelte sich der zentral-posteriore N400-Effekt ab ca. 400 ms zentral beginnend. Dieser war am stärksten ausgeprägt zwischen 450 und 475 ms auf links-posterioren Bereichen der Kopfoberfläche.

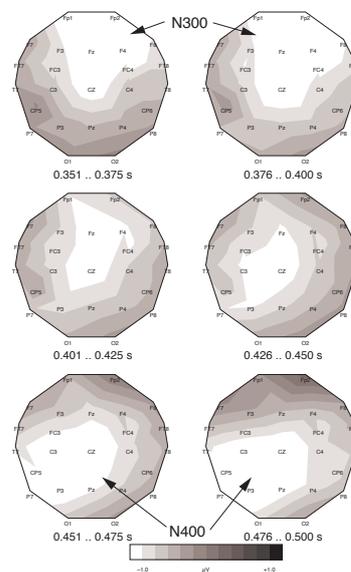


Abbildung 6.9: Subtraktion der EKPs für dominant relationierte Targetwörter von denen unrelatierter Targets (1.1). Ein erster Effekt entsteht zwischen 325 und 400 ms auf fronto-zentralen Bereichen der Kopfoberfläche. Ab 400 ms setzt ein zweiter Effekt ein, der mit zentral-posteriorer Schädelverteilung und einem Maximum um 450 ms die üblichen Kriterien eines N400-Effekts erfüllt. Keine Gruppenunterschiede.

Auch die Beobachtungen für subordinierte Targets zum Wortende (1.2) sprechen für zwei separierbare Effekte. Hier findet sich frontal eine reduzierte Negativierung, die nur von der Gruppe mit großer Lesespanne getragen wird. Der spätere zentral-posteriore

Flankeneffekt jedoch ist für die gesamte Versuchspersonengruppe nachweisbar (vgl. Abbildung 6.3). Auch dies ist Evidenz für zwei Effekte, wobei die Beobachtungen mit dominanten Targets zum Wortende (1.1) für eng verbundene Prozesse mit partieller räumlicher Überlappung sprechen.

Nicht nur die zeitlichen Parameter der beiden Effekte stützen die Annahme, dass es zwei Quellen gibt, die für die Effekte zwischen 300 und 500 ms verantwortlich sind. Während die N400-Komponente – ebenso wie der N400-Effekt – im allgemeinen als zentral-posterior verteilt beschrieben wird (Kutas & Federmeier, 2000), weisen die früheren anterioren Negativierungen eine links-anteriore Schädelverteilung auf (vgl. Abb. 6.10).

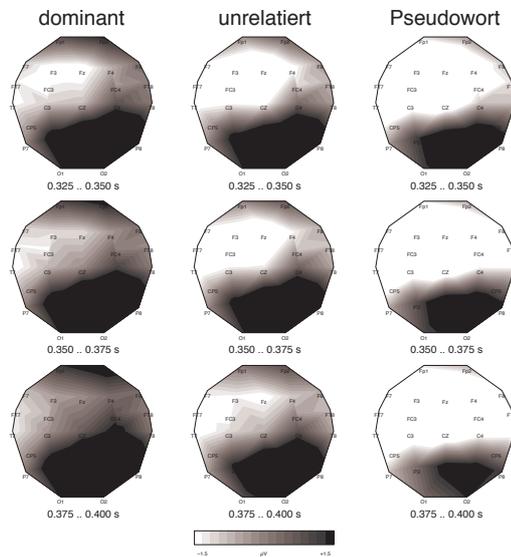


Abbildung 6.10: Frühe frontale Komponente für dominant, unrelatiert und Pseudowort-Targets zum Ende des ambigen Wortes (1.1). Die Negativierung war eher links lateralisiert und fiel für dominante Targets am schwächsten, für Pseudowort-Targets am stärksten aus.

Die frontalen Effekte in 1.1 und 1.2 (dominant bzw. subordiniert/Ball<sup>↓</sup>) unterstützen die Hypothese von einer der N400 vorgeschalteten, lexikal evozierten frontal-anterioren Negativierung, wie sie in Kapitel 2 diskutiert wurde. Eine Beeinflussung der N400-Komponente durch lexikale Faktoren (vgl. z.B. Deacon, Hewitt, Yang & Nagata, 2000) könnte damit auf die Überlappung beider Komponenten zurückgeführt werden und sollte ihren Ausdruck in einer eher frontalen Ausprägung der „lexikalen“ N400-Komponente gefunden haben. Deacon und Arbeitsgruppe (Deacon et al., 2000) beobachteten in einem maskierten-Priming-Experiment tatsächlich einen fronto-zentral am stärksten ausgeprägten Effekt, der als N400-Effekt eingeordnet wurde. Besonders im Vergleich zu dem N300-/N400-Effekt aus Teilerperiment 1.1 (dominant/Ball<sup>↓</sup>) liegt die Vermutung nahe, dass Deacon et al. einen N300-Effekt beobachtet haben.

In den folgenden Abschnitten werden weitere Belege für eine lexikale, anterior-frontal orientierte Negativierung dokumentiert, die zeitlich und in ihrer Verteilung von der N400 dissoziiert ist. Sie wird mit *N300* bezeichnet. *N400* verweist auf die klassische zentral-posterior verteilte Negativierung um 400 ms nach Stimuluspräsentation.

#### 6.4.4 Initiale Aktivierung

*Behaviorale* Priming-Effekte in allen drei Telexperimenten zeigten Aktivierung für die entsprechende Bedeutung der ambigen Wörter an. Mit 1.3, 150 ms vor Ende des ambigen Wortes, konnte dabei repliziert werden, dass bei auditiver Worterkennung einzelne Merkmale eines Wortes bereits während seiner Präsentation aktiviert werden können (Zwitserslood, 1989a; Moss, McCormick & Tyler, 1997). Experiment 1 als Ganzes belegt außerdem das *multiple access model* (Swinney, 1979) in dessen Grundannahme, dass in einer initialen Phase beide Bedeutungen eines ambigen Wortes aktiviert werden (Swinney, 1979; Simpson, 1981; Seidenberg et al., 1982; van Petten & Kutas, 1987). Die behavioralen Daten lieferten jedoch keine Hinweise auf Unterschiede in der initialen Aktivierung von subordinierter und dominanter Bedeutung (im Gegensatz zu Simpson, 1981). Ein Einfluss des Arbeitsgedächtnisses auf Prozesse der initialen Aktivierung konnte auf behavioraler Ebene ebenfalls nicht festgestellt werden.

Die *elektrophysiologischen* Daten von 1.1 und 1.2 sprachen dagegen für Unterschiede in der lexikalischen Aktivierung der beiden Bedeutungen. Tabelle 6.3 fasst die Beobachtungen zusammen:

	Telexperiment		
	1.1: <i>Ball</i> <sup>↓</sup> dominant	1.2: <i>Ball</i> <sup>↓</sup> , subordiniert	1.3: <i>Ball</i> <sup>↓</sup> dominant
ganze Gruppe	bei 350 ms fronto-zentrale N300,	zentral-posteriorer Flankeneffekt	–
große Spanne	ab 400 ms zentral-posteriore N400	frontale N300	–
kleine Spanne		–	–

Tabelle 6.3: *N300/N400-Effekte in Experiment 1*

Die Ergebnisse von Telexperiment 1.1 können für alle Versuchspersonen im Sinne einer zum Ende des ambigen Wortes vollständig aktivierten dominanten Bedeutung ambiger Wörter interpretiert werden. Diese semantische Aktivierung zeigte sich einerseits in einer reduzierten N300 für die dominanten Targets. Der nachfolgende N400-Effekt belegte

zusätzlich die erleichterte Integration des Targets in den (aus dem ambigen Wort) bestehenden Kontext. Die Daten aus 1.2 zeigten für diesen Zeitpunkt für Versuchspersonen mit großer Lesespanne eine reduzierte N300-Komponente für subordinierte Targets. Ein N400-Effekt als Zeichen einer erleichterten Integrierbarkeit für das subordiniert relatierte Targetwort wurde allerdings nicht registriert. Dies impliziert, dass die N400-Komponente auf die N300-Komponente aufbauend evoziert werden könnte, was als weiterer Beleg für den lexikalen Charakter der N300 gewertet werden kann.

Mit Reaktionszeiten und N300-Komponente sind nunmehr zwei Maße lexikaler Aktivierung in der Diskussion, die jedoch nicht deckungsgleich sind. Dies kann, wie in Abschnitt 6.4.2 diskutiert, dadurch erklärt werden, dass Reaktionszeiten basale Prozessebenen reflektieren als EKPs. Damit müssten Reaktionszeiten und EKPs unterschiedliche Ausprägungen lexikaler Aktivierung widerspiegeln. Mit der Arbeitsgedächtnisdefinition von Cowan (Cowan, 1995) kann vermutet werden, dass Reaktionszeiten Aktivierung im Kurzzeitgedächtnis, die N300-Komponente dagegen Aktivierung im verbalen Arbeitsgedächtnis reflektieren (siehe auch Diskussion von Experiment 2).

### 6.4.5 Arbeitsgedächtnis

#### Das Zeitfenster zwischen 300 und 500 ms

Unterschiede in den N300/N400-Potentialverläufen bei verschiedenen großen Lesespannen waren auf frontale Elektroden beschränkt und traten nur in Teilexperiment 1.2 auf. Wie in den Abbildungen 6.11 und 6.12 dargestellt, zeigten Versuchspersonen mit großer Lesespanne eine reduzierte N300 für subordinierte Targets zum Wortende, Versuchspersonen mit kleiner Lesespanne nicht. Versuchspersonen mit großer Lesespanne hatten demnach die weniger frequente Bedeutung des ambigen Wortes bereits aktiviert, während diejenigen mit geringerer verbaler Arbeitsgedächtnisspanne noch keine Anzeichen einer Aktivierung zeigten.

Damit konnte bestätigt werden, dass ein gutes Leseverständnis an bessere Worterkennungs- und lexikale Aktivierungsprozesse gekoppelt ist (Perfetti & Roth, 1981). Versuchspersonen mit großer Lesespanne könnten demnach über schnellere Mechanismen zur initialen Bedeutungsaktivierung verfügen als diejenigen geringerer Spanne. Die Befunde zur späten Negativierung in den Teilexperimenten sind zusätzliche Evidenz für diese These.

#### Späte Negativierung

In 1.2 (subordiniert/Bal<sup>↓</sup>) und 1.3 (dominant/Bal<sup>↓</sup>1) zeigten die Versuchspersonen unabhängig von ihrer Lesespanne eine frontale Negativierung für relatierte und unrelatierte

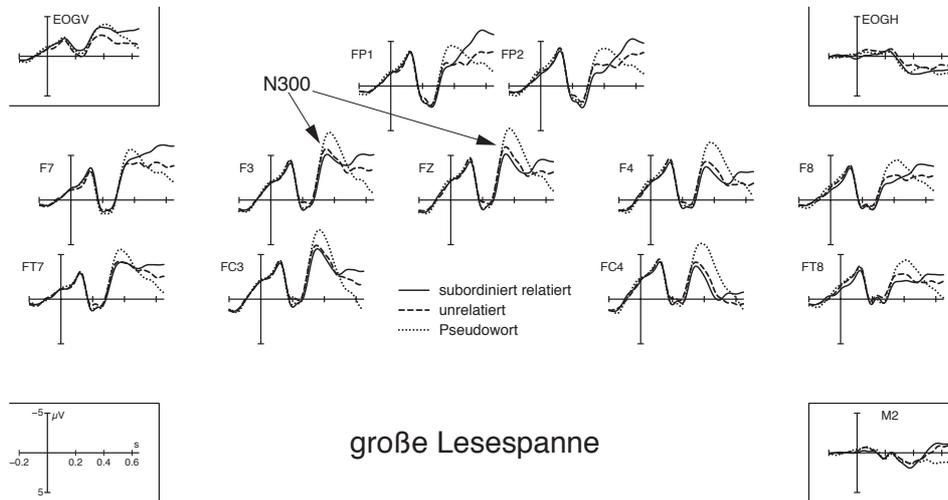


Abbildung 6.11: Subordiniert relatierte und unrelatierte Targets für Versuchspersonen mit großer Lesespanne zum Ende des ambigen Wortes (1.2). N300-Effekt.

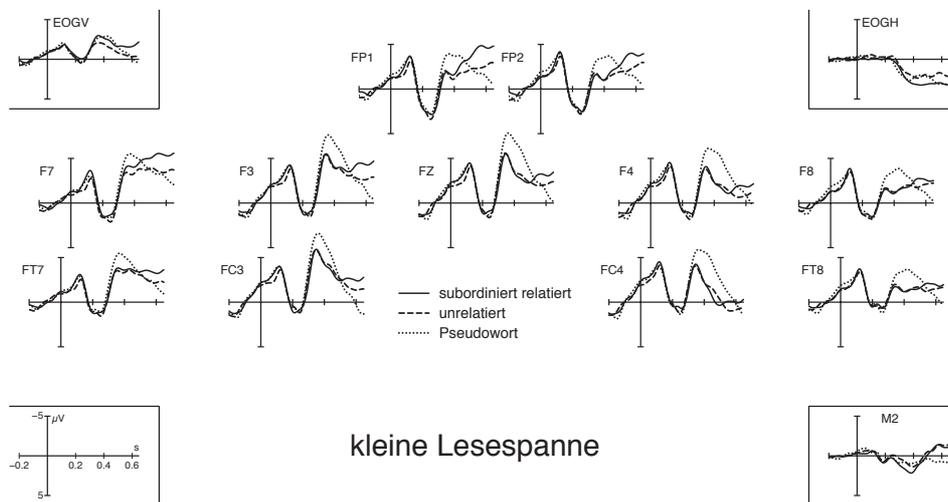


Abbildung 6.12: Subordiniert relatierte und unrelatierte Targets für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zum Ende des ambigen Wortes (1.2). Keine Unterschiede.

Targetwörter im Zeitfenster ab 650 ms. In 1.1 (dominant/Ball<sup>↓</sup>) trat dieser Effekt nur bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne auf. Die Befunde sind in Tabelle 6.4 zusammengestellt:

	Target		späte Negativierung	
	wo	Relation	große Lesespanne	geringe Lesespanne
1.1	Ball <sup>↓</sup>	dominant	nein	ja
1.2	Ball <sup>↓</sup>	subordiniert	ja	ja
1.3	Bal <sup>↓</sup> 1	dominant	ja	ja

Tabelle 6.4: Späte Negativierungen in Experiment 1.

Ruchkin und Kollegen (Ruchkin, Johnson, Canoune & Ritter, 1990; Ruchkin, Canoune, Johnson & Ritter, 1995) vermuteten Arbeitsgedächtnisprozesse als Auslöser später frontaler Negativierungen. Ruchkin (Ruchkin et al., 1990) berichtete von einer späten frontalen Negativierung (auf FPZ, F3, FZ und F4), die besonders bei arbeitsgedächtnisintensiven Aufgaben auftrat. Dabei war die Negativierung auf solche Situationen beschränkt, in denen Informationen angesammelt oder zurückgehalten werden mussten, wie in einer Gedächtnisaufgabe. Sie trat nicht mit Aufgaben wie dem Finden eines zuvor bereits präsentierten Elements aus einer größeren Anzahl von Elementen auf. Ruchkin (Ruchkin et al., 1990) interpretierte die frontale Negativierung als Zeichen für den Aufwand, den das Prozessieren von Stimuli bei besonderer Belastung des Arbeitsgedächtnisses macht.

Für die Befunde zur späten Negativierung in 1.1 bis 1.3 ist eine Interpretation im Rahmen von Arbeitsgedächtnisprozessen plausibel. Wenn die späte Negativierung ein Zeichen erhöhter Anforderungen an das Arbeitgedächtnis ist, würde ihr Ausbleiben ein Zeichen geringerer Belastung des Arbeitsgedächtnisses sein. Ein Ausbleiben der späten Negativierung wurde nur in 1.1 beobachtet: mit dominant relatierten Targets am Ende des ambigen Wortes zeigten die Versuchspersonen mit großer verbaler Arbeitsgedächtnisspanne keine späte Negativierung. Der Targetpräsentationszeitpunkt war in Experiment 1.1 identisch zu dem in Experiment 1.2 und die Stimuli identisch mit denen in Experiment 1.3. Es kann sich also weder um einen einfachen Zeit- noch um einen Materialeffekt handeln. Wenn das initiale Aktivieren einer Bedeutung ein Prozess ist, der das Arbeitsgedächtnis belastet, sollte das Beenden der Aktivierung Arbeitsgedächtnis-Ressourcen freigeben. Das Ausbleiben der späten Negativierung bei großer Lesespanne in 1.1 könnte also die beendete initiale Aktivierung der dominanten Bedeutung reflektieren. Dies wäre ein weiterer Beleg für schnellere initiale Aktivierungsmechanismen bei besserer Arbeitsgedächtnisleistung (Perfetti & Roth, 1981).

Allerdings darf bei dieser Interpretation nicht übersehen werden, dass die späte Negativierung (und auch ihr Ausbleiben) in der vorliegenden Serie immer gleichermaßen *relatierte und unrelatierte* Targetwörter betraf und nur 15 % der Targets in einem Experiment dominant oder subordiniert *relatiert* waren. Somit kann nicht die *semantische Relatiertheit* zwischen dem *ambigen auditorischen Prime* und dem *visuellen Targetwort* an sich für das Auftreten der Komponente verantwortlich sein.

Holcomb (1988) berichtete über eine Negativierung, die 500 ms nach Präsentation eines Stimulus einsetzte und ebenfalls *relatierte und unrelatierte* Targetwörter betraf. In einem *semantischen Priming-Experiment* sollten Versuchspersonen *lexikale Entscheidungsaufgaben* ausführen. Der eine Experiment-Block enthielt nur wenige *semantisch* *relatierte* Wortpaare, und die Instruktion wirkte darauf hin, dass die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen nicht auf das *semantische Verarbeiten* der Primewörter gerichtet war. Im Referenzblock war die Anzahl der *semantisch* *relatierten* Wortpaare höher und die Instruktion darauf ausgerichtet, dass die Versuchspersonen die *Semantik* der Primewörter besonders beachteten. Im zweiten Experiment beobachtete Holcomb (1988) eine späte Negativierung für *relatierte und unrelatierte* Targetwörter und schlug eine Interpretation im Rahmen von *Aufmerksamkeitsprozessen* vor. Aufmerksamkeit wiederum ist ein Aspekt aller derzeit diskutierten *Arbeitsgedächtnis-Modelle* (vgl. Kapitel 4).

Die späte Negativierung könnte demnach mit *Aufmerksamkeitsprozessen* in Zusammenhang stehen, die über längere Phasen hinweg auf die Anforderung von *Arbeitsgedächtnis-Ressourcen* reagieren. Diese Anforderungen könnten in Experiment 1.1 bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne aufgrund der abgeschlossenen initialen Aktivierung für *unambig* und *dominante Determiniererkonstituenten* geringer ausgefallen sein.

#### **6.4.6 Zusammenfassung**

Experiment 1 belegte die bevorzugte Aktivierung der dominanten Bedeutung eines *ambigen* Wortes für Situationen, in denen keine *kontextuelle Disambiguierungsinformation* zur Verfügung stand. Es untermauerte die Annahme, dass eine bessere *verbale Arbeitsgedächtnisleistung* an *schnellere initiale Aktivierungsprozesse* gekoppelt ist (Perfetti & Roth, 1981). Es lieferte Hinweise darauf, dass Prozesse der *initialen Bedeutungsaktivierung* Ressourcen des *Arbeitsgedächtnisses* beanspruchen könnten.

#### **6.4.7 Ausblick**

Experiment 1 belegte, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne über *schnellere Prozesse* der *initialen Aktivierung* verfügen als Personen mit *geringerer Spanne* (Perfetti &

Roth, 1981). Dies hatte den Teil der Annahmen von Perfetti und Roth (1981) bestätigt, in dem schnelleres Enkodieren mit besserem Leseverständnis assoziiert wurde. Perfetti und Roth hatten außerdem beobachtet, dass bei Personen mit schlechterem Leseverständnis der Kontext das Enkodieren von Wörtern beeinflussen konnte. Sie hatten dies mit Hinweis auf zu langsames Enkodieren bei schlechterem Leseverständnis erklärt, welches Kontexteinflüsse erst ermöglichen würde.

Zum Ende des ambigen Wortes war in keiner Versuchspersonengruppe die subordinierte Bedeutung der ambigen Wörter vollständig aktiviert (1.2). Somit eignete sich eine Fortsetzung der Experimentserie mit späteren Targetpräsentationszeiten besonders um zu spezifizieren, welchen Einfluss die subordiniert disambiguierende Kopfkonstituente des Kompositums auf die Verarbeitung des ambigen Determinierers haben würde. Nach Perfetti müssten Kontexteinflüsse besonders bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne auftreten.

Das Auftreten kontextueller Einflüsse wiederum sollte Einblick in die Prozesse ermöglichen, die im Arbeitsgedächtnis für das Anpassen des Aktivationsniveaus der Informationseinheiten sorgen. Inhibitorische Mechanismen müssten zu einem Aktivationsrückgang für die dominante Bedeutung führen. Aktivationale Prozesse dagegen sollten kaum Auswirkungen auf die irrelevante dominante Bedeutung haben.

Das Verschieben der Präsentationszeitpunkte für die visuellen Targets ans Ende des Kompositums bot außerdem die Möglichkeit, den auslösenden Prozess für die späte Negativierung weiter zu untersuchen. Wenn das Ausbleiben der späten Negativierung ein Zeichen der beendeten initialen Bedeutungsaktivierung im Arbeitsgedächtnis war, sollte mit später präsentierten Targets kein solcher Effekt mehr auftreten.

# Kapitel 7

## Bedeutungsselektion im Wortkontext: Experiment 2

### 7.1 Einleitung

Im ersten Experiment konnten Belege für lesespannenabhängige Unterschiede bei der initialen Aktivierung der Bedeutungen ambiger Wörter gesammelt werden. Mit dem zweiten Experiment begann die Untersuchung des Kontexteinflusses auf die Verarbeitung ambiger Wörter. Bislang wird kontrovers diskutiert, ab wann kontextuelle Information in die Bedeutungsverarbeitung ambiger Wörter eingreifen kann. Neben einer großen Anzahl von Studien, die gegen frühe Kontexteinflüsse sprachen (für einen Überblick vgl. Swinney, 1991), gab es einige Experimente, die Kontextauswirkungen schon für die initiale Aktivierung der Bedeutungen zeigten. Behavioral gelang dieser Nachweis bislang ausschließlich anhand von Satzkontexten, die sehr stark auf eine der Wortbedeutungen ausgerichtet waren (Tabossi, 1988; Vu, Kellas & Paul, 1998). In EKP-Experimenten zeigten sich frühe Einflüsse auch mit moderaten Kontexten (Swaab, Brown & Hagoort, 1998; van Petten & Kutas, 1987, 1989). In einigen Fällen gelang demnach der Nachweis, dass kontextuelle Einflüsse die frequenzbasierte Überlegenheit der dominanten Bedeutung ambiger Wörter (vgl. Hagoort & Brown, 1994, und Exp. 1) schon in deren frühester Verarbeitungsphase relativieren können.

Ein Teil der von Perfetti und Roth (1981) beschriebenen interindividuellen Unterschiede beim Enkodieren unambiger Wörter war in Experiment 1 auch für ambige Wörter bestätigt worden: Versuchspersonen mit großer Lesespanne waren schneller bei der initialen Bedeutungsaktivierung. Für eine Replikation des zweiten Teils der Beobachtungen von Perfetti und Roth sollten nunmehr vor allem Versuchspersonen mit geringer Lesespanne einen Einfluss kontextueller Information auf das Aktivationsniveau der beiden Bedeutungen ambiger Wörtern zeigen.

Um kontextuelle Information unter natürlichen Bedingungen möglichst sofort nach dem ambigen Wort anbieten zu können, wurden Komposita als Stimuli gewählt. In ihnen folgt die disambiguierende Kopfkongstituente direkt auf das ambige Wort. Um den Einfluss der Kopfkongstituente besonders gut beobachten zu können, wurde sie darüberhinaus immer so gewählt, dass nur die subordinierte Bedeutung der ambigen Wörter passte. Da in diesem Fall die Kontextinformation gegen die Frequenzinformation lief, mussten kontextuelle Auswirkungen auf die Bedeutungen ambiger Wörter besonders deutlich zutage treten.

Eine Voraussetzung musste für einen solchen Kontexteinfluss allerdings erfüllt sein: die Kopfkongstituente der in den Experimenten verwendeten Komposita musste wie ein disambiguierender Kontext auf den ambigen Determinierer wirken. Nur wenn die Erkennung und Verarbeitung eines nicht lexikalisierten Kompositums über die *interaktive* Verarbeitung seiner Kongstituenten erfolgt, d. h., wenn sich die Kongstituenten schon während ihrer Erkennung gegenseitig beeinflussen können, konnte die Kopfkongstituente bereits zum Ende des Kompositums ihre kontextuelle Wirkung auf die Bedeutungen des ambigen Determinierers entfaltet haben. Experiment 2 diente also auch dem Studium der Prozesse, die die semantische Verarbeitung von Komposita kennzeichnen.

## 7.2 Methode

### 7.2.1 Versuchspersonen

Alle Versuchspersonen nahmen unter den für Experiment 1 (vgl. Abschnitt 6.2.2, S. 59) angeführten Kriterien teil. Keine Versuchsperson war an einem der vorhergehenden Experimente beteiligt. Innerhalb von Experiment 2 war die Teilnahme auf ein Telexperiment beschränkt.

#### Experiment 2.1

Fünzig Versuchspersonen (24 männlich) im Alter von 19 bis 30 Jahren (Mittelwert: 23,9 Jahre) wurden getestet. Mit Lesespannen zwischen 2 und 3,5 wurden 15 von ihnen der Gruppe mit geringer Lesespanne (Mittelwert: 2,6) zugeteilt, 15 der Gruppe mit großer Lesespanne (4,5 bis 6, Mittelwert: 5,4).

#### Experiment 2.2

Von 22 teilnehmenden Versuchspersonen (11 männlich) im Alter von 21 bis 28 Jahren (Mittelwert: 24,1 Jahre) wurden jeweils 11 der Gruppe mit geringer (2 bis 3, Mittelwert: 2,5) und 11 der Gruppe mit großer (4,5 bis 6, Mittelwert: 4,8) Lesespanne zugeordnet.

**Experiment 2.3**

Von 36 Versuchspersonen (16 männlich) im Alter von 18 bis 30 Jahren (Mittelwert: 23 Jahre) wurden 11 der Gruppe mit großer Lesespanne (5 bis 6, Mittelwert: 5,7) und 11 derjenigen mit kleiner Lesespanne (2 bis 3, Mittel: 2,9) zugeordnet.

**7.2.2 Stimuli****Experiment 2.1**

Es wurden die Stimuli von Experiment 1.1 verwendet.

**Experiment 2.2**

Es wurden die Stimuli von Experiment 1.2 verwendet.

**Experiment 2.3**

Es wurden die Stimuli von Experiment 1.1 verwendet.

**7.2.3 Design und Versuchsablauf****Experiment 2.1**

Das Design blieb unverändert. Der Versuchsablauf entsprach bis auf den Targetpräsentationszeitpunkt dem von Experiment 1.1. In Experiment 2.1 erfolgte die Präsentation der Targetwörter mit 0 ms ISI zum Ende des Kompositums. Eine Darstellung findet sich in Abbildung 7.1. Der Rest des Versuchsablaufs blieb unverändert.

**Experiment 2.2**

Der Versuchsablauf entsprach dem von Experiment 2.1 (vgl. auch Abbildung 7.1).

**Experiment 2.3**

Der Versuchsablauf entsprach bis auf den Targetpräsentationszeitpunkt dem von Experiment 1.1. In Experiment 2.3 erfolgte die Präsentation der Targetwörter mit 400 ms ISI zum Ende des Kompositums. Eine Darstellung findet sich in Abbildung 7.1. Der Rest des Versuchsablaufs blieb unverändert.

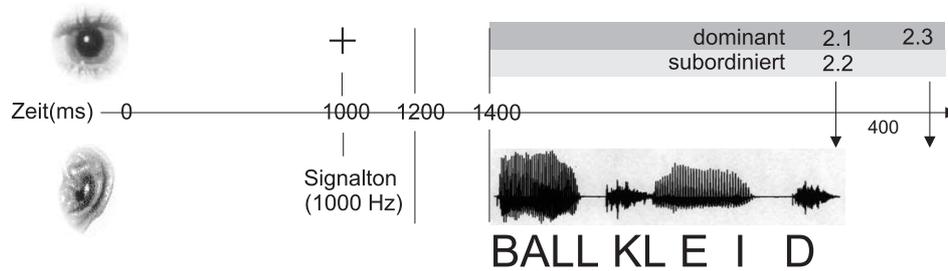


Abbildung 7.1: Targetpräsentationszeitpunkte und semantische Relation zwischen ambigen Determinierern und visuellen Targets in den drei Teilen von Experiment 2.

## 7.2.4 Datenerfassung

Die Datenerfassung war für alle Telexperimente gleich und erfolgte wie in Experiment 1 (s. S. 64).

## 7.2.5 Datenanalyse

Auch die Datenanalyse war für die Telexperimente identisch und erfolgte wie im ersten Experiment (s. S. 64). Für die Analyse der Effekte bis 650 ms nach Präsentation der Targetwörter mussten 10,6 % (Telexperiment 2.1), 11,7 % (Telexperiment 2.2) und 8,9 % (Telexperiment 2.3) der Daten ausgeschlossen werden. Für die Auswertung in Bezug auf spätere Effekte waren 27,3 %, 29 % und 15,4 % der Datensätze der Telexperimente 2.1, 2.2 und 2.3 auf Grund von Artefakten nicht verwendbar.

## 7.3 Ergebnisse

### 7.3.1 Reaktionszeiten

Auch in den drei Teilen von Experiment 2 wurden Targetwörter, die semantisch zum ambigen Wort related waren, schneller als Wörter erkannt als unrelatierte Targets. Die Resultate sind in Tabelle 7.1 zusammengestellt<sup>1</sup>:

Wie im ersten Experiment konnten keine *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekte (2.1:  $F(1, 28) = 1.48$ , n.s., 2.2:  $F(1, 20) = 0.85$ , n.s. und 2.3:  $F(1, 20) = 2.81$ , n.s.) oder Interaktionen mit diesem Faktor belegt werden (2.1:  $F(2, 28) = 0.02$ , n.s., 2.2:  $F(2, 20) = 3.96$ , n.s. und 2.3:  $F(2, 20) = 0.29$ , n.s.).

<sup>1</sup>In 2.3 konnten aufgrund eines technischen Fehlers bei der Aufzeichnung der Reaktionszeiten nur 35 der 36 Versuchspersonen in die Analyse einbezogen werden.

visuelles Target		Reaktionszeit (ms)				Statistik
Relation	wo	RZ <sub>rel</sub>	RZ <sub>un</sub>	RZ <sub>pseu</sub>	Priming	
2.1: dom	Ballkleid <sup>↓</sup>	518,9	541,8	604,5	22,9*	$F(1, 49) = 54.94$
2.2: sub	Ballkleid <sup>↓</sup>	484,6	515,8	585,4	31,2*	$F(1, 21) = 67.69$
2.3: dom	Ballkleid <sup>—↓</sup>	535,5	559,5	623,7	24*	$F(1, 34) = 29.78$

Tabelle 7.1: Reaktionszeiten für Experiment 2. Ein \* signalisiert  $p < .0001$ . In allen drei Teilerperimenten belegen signifikante Priming-Effekte den erhöhten Aktivierungsgrad für Targetwörter, die eine semantische Beziehung zu einer der beiden Bedeutungen der ambigen Wörter aufwiesen.

### 7.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

Die elektrophysiologischen Daten werden wieder zuerst für den Zeitbereich zwischen 300 und 500 ms nach Targetpräsentation und anschließend für das späte Zeitfenster ab 650 ms für jedes Experiment getrennt beschrieben.

#### Das Zeitfenster zwischen 300 und 500 ms

##### Experiment 2.1: dominante Targets an Position Ballkleid<sup>↓</sup>

**Alle Versuchspersonen.** Targetwörter, die semantisch zur dominanten Bedeutung des ambigen Wortes related waren, evozierten im Zeitbereich zwischen 300 und 500 ms geringer ausfallende Negativierungen als unrelatierte Targets (vgl. Abbildung 7.2). Vergleichbar zu Teilerperiment 1.1 entwickelte sich der Effekt ca. 300 ms nach Beginn der Targetpräsentation auf fronto-zentralen Elektroden (FZ, FC3, FC4, CZ, C4) und wurde erst 400 ms nach Targetbeginn auf zentro-parietalen Elektroden nachweisbar (um 400 ms beginnend: C3, CP5, CP6, P7, P3, PZ, P4, P8, O1, O2). Der Effekt hielt auf allen signifikanten Elektroden bis ca. 500 ms nach Targetbeginn an (vgl. Tabelle A.9 im Anhang).

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Die Analyse in Bezug auf den Faktor *Arbeitsgedächtnis* ergab eine Interaktion *Arbeitsgedächtnis*\**Priming* ab 350 ms für die Elektroden F8, FT8, CP5, CP6, P7, P4, P8, O1 und O2, meist bis 450 ms andauernd, auf F8 und FT8 bis 500 ms (vgl. Tabelle A.10). ANOVAs für die Elektroden mit Interaktion innerhalb der Gruppen belegten, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne auf allen untersuchten Elektroden (vgl. Tabelle A.11) eine signifikant reduzierte Negativierung für dominante im Vergleich zu unrelatierten Targets aufwiesen, nicht jedoch Versuchspersonen mit geringer Lesespanne.

Die Abbildungen 7.3 und 7.4 zeigen die unterschiedliche Ausprägung der N300/-N400-Komponenten in den beiden Versuchspersonengruppen. Dabei ist auf Abbildung 7.4 erkennbar, dass bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne die Negativierung, die

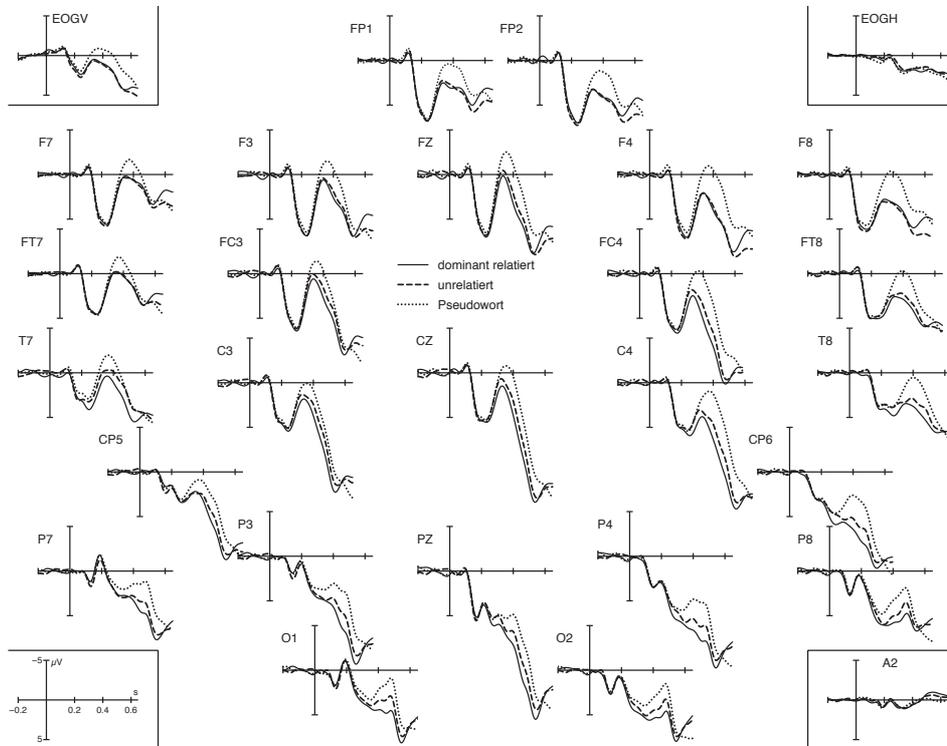


Abbildung 7.2: Dominant relationale, unrelationale und Pseudowort-Targets, präsentiert am Ende des Kompositums (2.1), bei allen Versuchspersonen. Reduzierte N300/N400 für dominant relationale im Vergleich zu unrelatierten Targets.

durch dominante Targetwörter ausgelöst wurde, sogar stärker ausfiel als die der unrelatierten Targets. In einem geplanten Vergleich unter Einbeziehung aller Elektroden zeigte sich jedoch auf keiner Elektrode ein signifikanter Unterschied zwischen dominanten und unrelatierten Targets.

### Experiment 2.2: subordinierte Targets an Position Ballkleid<sup>11</sup>

**Alle Versuchspersonen.** 350 ms nach Beginn der Targetpräsentation beginnend, zeigte sich ein zentro-parietaler N400-Effekt (vgl. Abbildung 7.5), der auf C3, CZ, C4, CP5, CP6, P7, P3, PZ, P4, P8, O1 und O2 signifikant wurde (vgl. Tabelle A.12). Die deskriptiv unterschiedlichen Potentialverläufe auf frontalen Elektroden erreichten nicht Signifikanzniveau.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Unterschiede zwischen den zwei Arbeitsgedächtnis-Gruppen konnten nicht ermittelt werden.

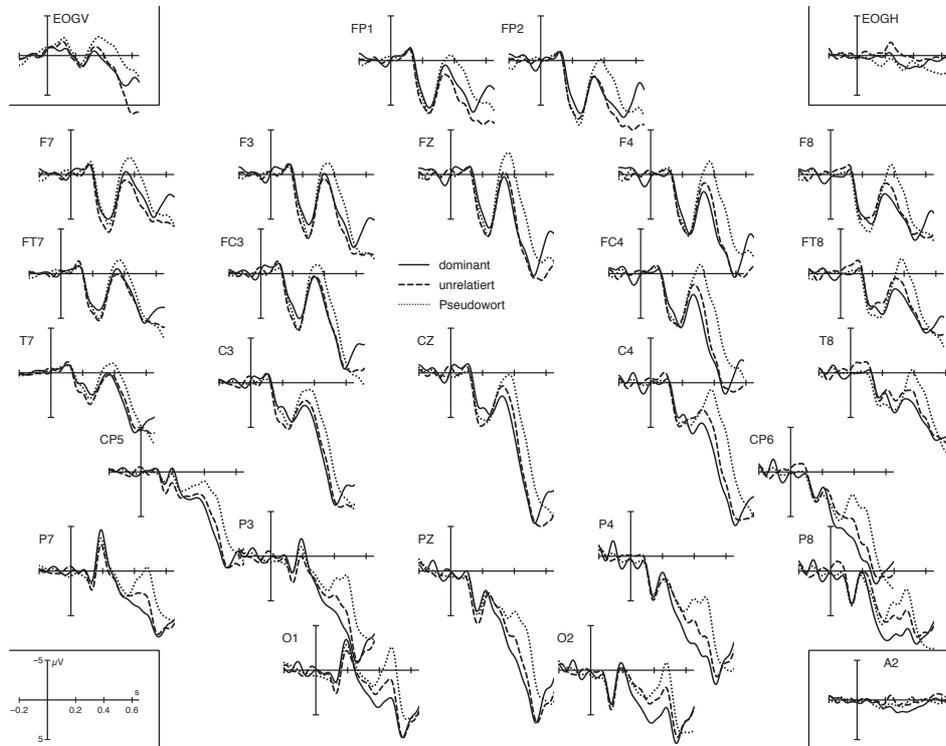


Abbildung 7.3: Dominant relatierte, unrelatierte und Pseudowort-Targets bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne zum Ende des Kompositums (2.1). Der N300/N400-Effekt zeigt sich vor allem rechts frontal und posterior.

### Experiment 2.3: dominante Targets an Position Ballkleid—↓

**Alle Versuchspersonen.** Teilerperiment 2.3 replizierte die Beobachtungen aus 2.1. Auch 400 ms nach Ende des Kompositums zeigte sich für alle Versuchspersonen ein breit verteilter, lang anhaltender N300/N400-Effekt (vgl. Abbildung 7.6), der bereits nach 250 ms auf frontalen Elektroden einsetzte (FZ, F4, FC3, FC4, T8). Über zentrale Elektroden (um 300 bzw. 350 ms beginnend auf CZ, C4, CP6, P4, P8) breitete sich der Effekt nach posterior aus (ab 400 ms auch auf C3, CP5, P7, P3, PZ, O1 und O2) und endete auf den meisten Elektroden 500 ms nach Beginn der Targetpräsentation (vgl. Tabelle A.17).

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Auch die Gruppeneffekte, die in 2.1 beobachtet worden waren, wurden mit Teilerperiment 2.3 repliziert. Die Interaktion der Faktoren *Arbeitsgedächtnis* und *Priming* fiel dabei mit Effekten auf C4, CP6, PZ, P4, P8 und O2 zwischen 350 und 400 ms einerseits und 450-500 ms andererseits (vgl. Tabelle A.18) weniger deutlich aus als in 2.1. Der Vergleich der EKPs für dominant relatierte und unrelatierte

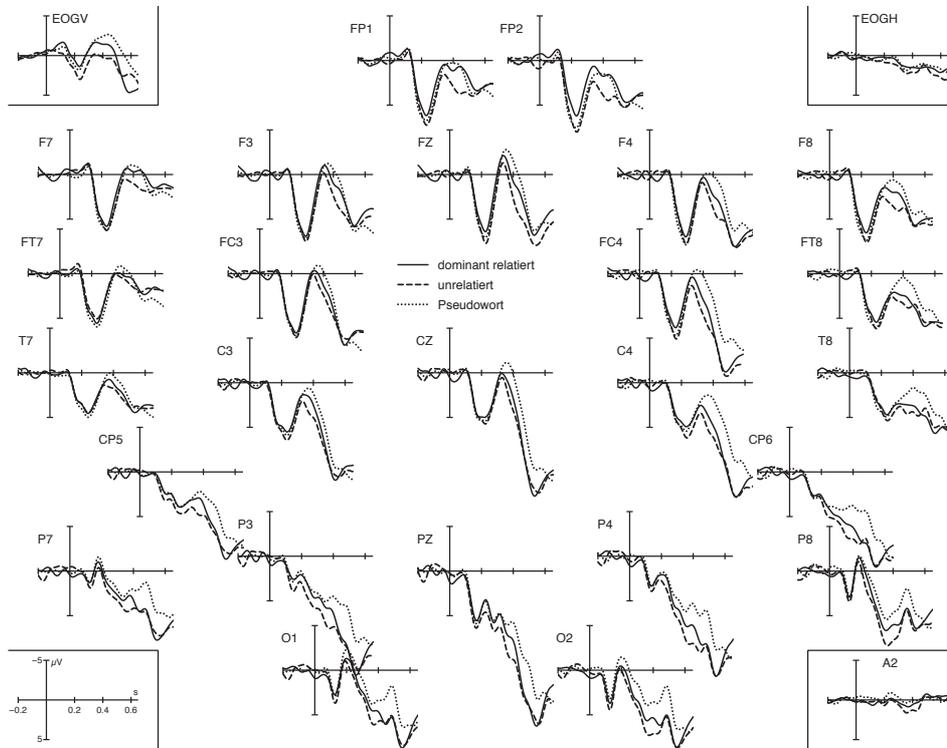


Abbildung 7.4: Dominant relativierte, unrelativierte und Pseudowort-Targets bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zum Ende des Kompositums (2.1). Keine signifikanten Effekte, deskriptiv eine stärkere Negativierung für dominante im Vergleich zu unrelativierten Targets.

Targets innerhalb der beiden Gruppen fiel jedoch wie zum Ende des Kompositums aus. Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten eine reduzierte N400-Komponente für dominante Targets auf allen Elektroden, die eine *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion aufwiesen (vgl. Tabelle A.19). Versuchspersonen mit geringer Lesespanne verarbeiteten dagegen beide Targettypen gleich.

## Das Zeitfenster zwischen 650 und 1000 ms

### Experiment 2.1: dominante Targets an Position Ballkleid<sup>↓</sup>

**Alle Versuchspersonen.** Es gab keinerlei signifikante Unterschiede im Potentialverlauf von dominanten und subordinierten Targets im Zeitfenster ab 650 ms.

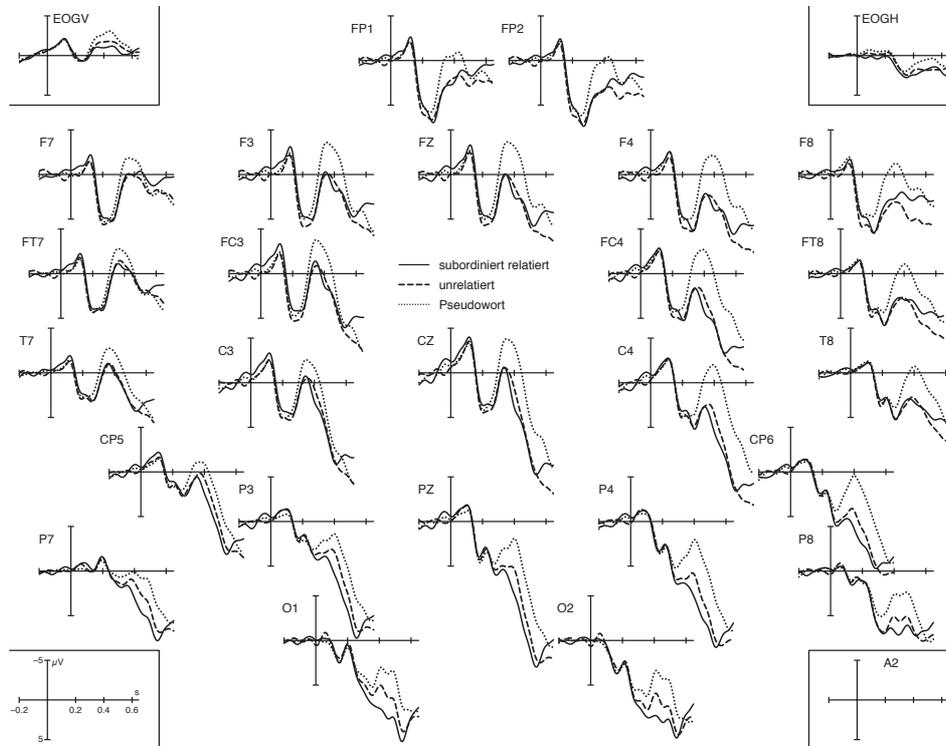


Abbildung 7.5: Subordiniert relatierte, unrelatierte und Pseudowort-Targets, angeboten am Ende des Kompositums (2.2). Ein zentro-parietaler N400-Effekt bei allen Versuchspersonen. Keine Gruppeneffekte.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Es konnten weder *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekte, noch Interaktionen mit dem Faktor *Arbeitsgedächtnis* ermittelt werden, und wie in Abbildung 7.7 gezeigt, gab es für keine Gruppe Hinweise auf eine späte Negativierung.

#### Experiment 2.2: subordinierte Targets an Position Ballkleid<sup>↓</sup>

**Alle Versuchspersonen.** Ab 650 ms nach Beginn der Targetpräsentation ergaben die ANOVAs signifikante Unterschiede in der Verarbeitung subordinierter und unrelatierter Targets auf allen Elektroden außer FP1, FP2, F7, FT7, O1 und O2 (vgl. Tabelle A.13). Die EKPs für die subordiniert relatierten Targets verliefen dabei negativer als die für semantisch unrelatierte Targetwörter. Bis ca. 950 ms andauernd, zeigte sich der späte Effekt auf anterioren Elektroden stärker als auf posterioren Bereichen der Kopfoberfläche, wo er bereits 800 ms nach Beginn der Targetpräsentation endete (CP6, P7, P3, PZ, P4 und P8).

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Mit Interaktionen *Arbeitsgedächtnis\*Priming*, die besonders stark auf F3, FC3, FT8, C3 und CZ auftraten (vgl. Tabelle A.14), zeigte sich, dass

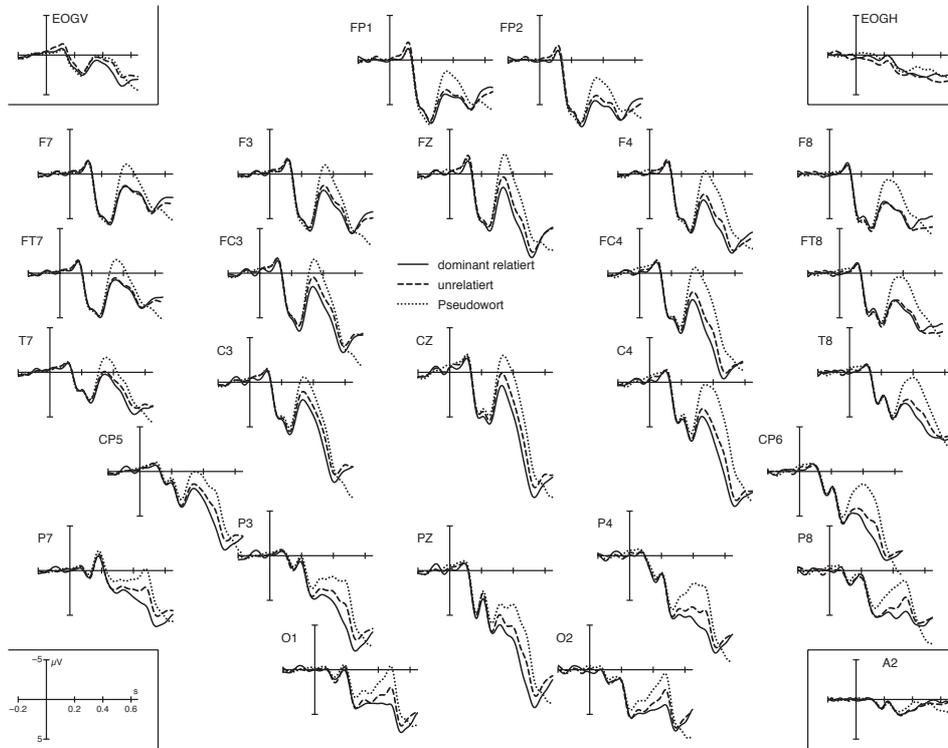


Abbildung 7.6: Dominant relationierte, unrelationierte und Pseudowort-Targets, angeboten 400 ms nach dem Ende des Kompositums (2.3). Ein frontal einsetzender, sich über zentrale Elektroden nach parietal ausbreitender N300/N400-Effekt für alle Versuchspersonen.

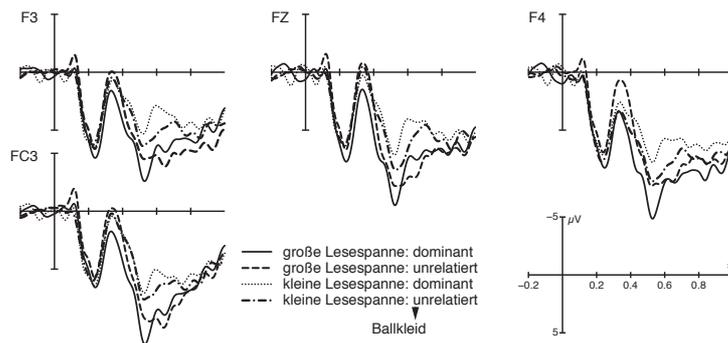


Abbildung 7.7: Dominant relationierte Targets zum Ende des Kompositums (2.1). Es trat keine späte Negativierung auf, die Potentialverläufe der Versuchspersonengruppen zeigten keine signifikanten Unterschiede.

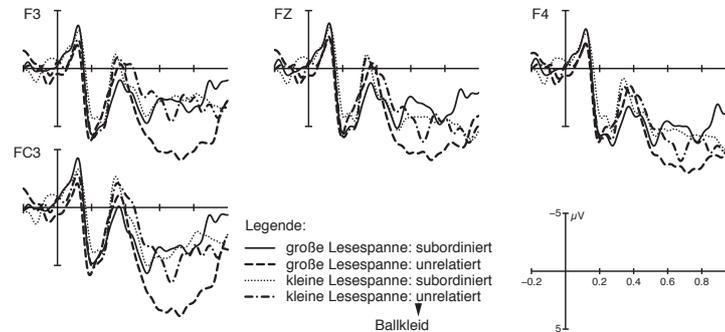


Abbildung 7.8: Späte Effekte für Versuchspersonen mit großer und kleiner Lesespanne bei subordinierten Targets zum Ende des Kompositums (2.2). Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten - anders als solche mit geringer- eine stärkere Differenzierung zwischen subordinierten und unrelatierten Targetwörtern, maximal an links-frontalen Elektroden.

Versuchspersonen mit großer Lesespanne einen deutlich positiveren Potentialverlauf für unrelatierte im Vergleich zu subordiniert relatierten Targets und im Vergleich zu beiden Targetsorten bei Versuchspersonen mit kleiner Spanne zeigten (vgl. Abbildung 7.8 und Tabellen A.15 und A.16).

### Experiment 2.3: dominante Targets an Position Ballkleid—↓

**Alle Versuchspersonen.** Wie in 2.1 gab es für die gesamte Versuchspersonengruppe keinerlei Effekte im Zeitfenster nach 650 ms.

**Arbeitsgedächtnisgruppen.** Es konnten auch keine *Arbeitsgedächtnis*-Effekte ermittelt werden.

### Zusammenfassung

In Experiment 2 wurde der Einfluss des Kompositumkopfes auf das Aktivationsniveau des ambigen Determinierers des Kompositums untersucht. Neben unrelatierten und Pseudowörtern wurden dominant und subordiniert relatierte Targetwörter visuell zum Ende des Sprachsignals des Kompositums (2.1 und 2.2) bzw. 400 ms nach Ende des Kompositums (2.3) angeboten.

*Behaviorale* Priming-Effekte wurden in allen drei Telexperimenten beobachtet. Wie in Experiment 1 traten dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchspersonengruppen auf.

Die *EKPs* aller drei Telexperimente zeigten für die gesamte Versuchspersonengruppe reduzierte N300/N400-Komponenten für beide Bedeutungen der ambigen Wörter. Die

Reaktionen auf dominante Targets in 2.1 und 2.3 wiesen jedoch deutliche Unterschiede zwischen den Versuchspersonengruppen auf. Versuchspersonen mit großer Lesespanne evozierten das Reaktionsmuster der gesamten Gruppe: die EKPs für die dominante Bedeutung waren trotz subordinierter Disambiguierung signifikant reduziert. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne dagegen zeigten überwiegend keine signifikanten Unterschiede im Potentialverlauf für dominante und unrelatierte Targetwörter. Direkt am Ende des Kompositums (2.1) deutete sich ein inhibitorischer Trend für die dominante Bedeutung an (vgl. Abbildung 7.4).

Späte Negativierungen wie in Experiment 1 wurden nicht mehr beobachtet. Subordinierte Targetwörter zum Ende des Kompositums (2.2) evozierten allerdings ab 650 ms bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne einen signifikant negativeren Potentialverlauf als semantisch unrelatierte Targets. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten in derselben Situation keine Unterschiede in der Verarbeitung subordinierter und unrelatierter Targetwörter.

## 7.4 Diskussion

### 7.4.1 Komposita-Verarbeitung

Die *Reaktionszeiten* zeigten für Experiment 1 und 2 stabile Aktivierungseffekte für die ambigen Determinierer. Dies replizierte die Ergebnisse von Studien, die Priming-Effekte für die Determinierer von semantisch transparenten Komposita berichtet hatten (u.a. Isel, Gunter & Friederici, im Druck; Zwitserlood, 1994).

Studien zur Verarbeitung ambiger Wörter, die mit Satzkontexten gearbeitet hatten, ließen eine Deaktivierung der kontextuell irrelevanten Bedeutung ab 200 ms nach Präsentation des ambigen Wortes (Gernsbacher & Faust, 1991a; Swinney, 1979; Tabossi, 1988, vgl. Kapitel 3) erwarten. Eine derartige Deaktivierung konnte bei Kontexten, die als zweiter Teil eines Kompositums angeboten wurden –zumindest behavioral– nicht bestätigt werden: die Reaktionszeiten für Targets, die die irrelevante dominante Bedeutung abprüften, waren zum Ende und 400 ms nach dem Ende des Kompositums noch immer beschleunigt.

Von den behavioralen Daten ausgehend kann somit auch nicht auf interagierende Prozesse bei der Erkennung der Einzelkonstituenten eines Kompositums geschlossen werden.

Auf *elektrophysiologischer* Ebene stellte sich die Situation für die *gesamte* Versuchspersonengruppe ähnlich dar. In allen drei Teilen von Experiment 2 wurden signifikante N300/N400-Effekte für semantisch relatierte Targets registriert (vgl. die Abbildungen 7.2, 7.5 und 7.6). Dies sprach gegen einen schnellen Einfluss der Kopfkongruente auf die Aktivierung des ambigen Determinierers.

Unter Beachtung der verbalen *Arbeitsgedächtnisspanne* der Versuchspersonen stellte sich jedoch heraus, dass Versuchspersonen mit geringer Lesespanne diesem Muster nicht folgten. Bei diesen Versuchspersonen waren in Experiment 2 elektrophysiologisch keine Anzeichen einer Aktivierung für die dominante Bedeutung des ambigen Wortes mehr nachweisbar (vgl. Abbildung 7.4). Da in Experiment 1.1 auch bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne Aktivierung für die dominante Bedeutung des ambigen Wortes belegt wurde, können die Befunde von 2.1 und 2.3 als Zeichen des direkten Einflusses der subordiniert relatierten Kopfkongruente auf die semantische Verarbeitung des ambigen Determinierers gedeutet werden. Nur auf der Basis der subordiniert relatierten Kopfkongruente konnte die dominante Bedeutung des Determinierers als irrelevant selektiert und deaktiviert worden sein. Hier liegt ein erster elektrophysiologischer Hinweis auf Interaktivität bei der Erfassung und Verarbeitung der Konstituenten von semantisch transparenten Komposita vor.

### **Schlussbetrachtung zur Kompositaverarbeitung**

Mit den Experimenten 1 und 2 konnte behavioral und elektrophysiologisch semantische *Aktivierung für die Einzelkonstituenten* von auditiv angebotenen, semantisch transparenten Komposita nachgewiesen werden. Die Befunde replizierten damit behaviorale Studien, die anhand unterschiedlicher experimenteller Paradigmen Priming-Effekte für die ersten Konstituenten semantisch transparenter Komposita belegen konnten (Isel, Gunter & Friederici, im Druck; Sandra, 1990; Zwitserlood, 1994).

Mit der deaktivierten dominanten Bedeutung bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in 2.1 und 2.3 liegt außerdem ein elektrophysiologischer Hinweis auf *Interaktivität* bei der semantischen Verarbeitung von nicht lexikalisierten Komposita vor.

### **7.4.2 Unterschiede zwischen EKPs und Reaktionszeiten**

In Experiment 2 wiesen Reaktionszeiten und EKPs im Vergleich zu Experiment 1 einen höheren Grad an Übereinstimmung auf. Für die ganze Versuchspersonengruppe und bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten Reaktionszeiten und EKPs gleichermaßen Aktivierung für beide Bedeutungen der ambigen Wörter an.

Differenzen traten bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zutage. Während in 2.1 und 2.3 beschleunigte Reaktionszeiten für die dominante Bedeutung registriert wurden, war elektrophysiologisch keine Reduzierung der N300- bzw. N400-Komponente mehr nachweisbar.

Dieses Befundmuster ist weitere Evidenz für die im Abschnitt 6.4.2 bereits diskutierte Annahme, dass die Reaktionszeiten in den vorliegenden Experimenten basalere Vorgänge oder Zustände widerspiegeln, während die elektrophysiologischen N300/N400-

Komponenten flexibel die Änderungen des Aktivierungsniveaus einer Bedeutung abbilden können. Im hierarchischen Gedächtnismodell von Cowan (1999) wird Aktivierung im Kurzzeitgedächtnis als Grundlage für Aktivierung im Arbeitgedächtnis beschrieben. Es wäre daher denkbar, dass die Reaktionszeiten der ersten beiden Experimente eher die semantische Aktivierung im Kurzzeitgedächtnis, die N300- und N400-Komponenten jedoch Aktivierung im Arbeitsgedächtnis widerspiegeln.

### **Schlussbetrachtung zu EKPs und Reaktionszeiten**

Es kann angenommen werden, dass die Reaktionszeiten in den Experimenten 1 und 2 eine basalere Form der Bedeutungsaktivierung widerspiegeln als EKPs. Auf das Gedächtnismodell von Cowan (1999) angewendet, könnte dies bedeuten, dass Reaktionszeiten eher Ausdruck von Aktivierung im Kurzzeitgedächtnis, N300- und N400-Komponenten jedoch eher Reflexion von Aktivierung im Arbeitsgedächtnis sind. Weitere Untersuchungen in anderen Experimentparadigmen werden zeigen müssen, inwiefern diese Annahme eine zutreffende Interpretation der Ergebnisse von Experiment 1 und 2 darstellt.

### **7.4.3 N300 und N400**

Die zwischen 300 und 500 ms nach Targetpräsentation für alle Versuchspersonen beobachteten Effekte mit dominanten Targets begannen in 1.1 und 2.1 bereits um 300 ms, in Experiment 2.3 sogar schon bei 250 ms auf anterior-frontalen Elektroden. Sie breiteten sich über zentrale Bereiche der Kopfoberfläche aus, und waren erst ab 400 ms auch auch posterior nachweisbar. Damit spricht auch in den Experimenten 2.1 und 2.3 die zeitlich-räumliche Entwicklung der Effekte für eine anterior-frontale N300- und eine spätere, zentral-posteriore N400-Komponente.

Mit subordinierten Targets blieben in 2.2 N300-Effekte aus, in Experiment 1.2 konnten nur bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne frühe frontale Negativierungen beobachtet werden. Damit zeigt sich für die weniger frequente Bedeutung eine schwerer nachweisbare und weniger stabile N300. Ein solcher Frequenzunterschied kann als weiteres Zeichen für einen lexikalen Ursprung der N300-Komponente gedeutet werden.

### **Schlussbetrachtung zu N300 und N400**

Die Schädelverteilung der Negativierungen aus 1.1., 2.1 und 2.3 mit dominanten Targets sprechen für zwei semantisch beeinflussbare, voneinander dissoziierbare Negativierungen zwischen 300 und 500 ms. Die geringere Ausprägung der N300 in Reaktion auf subordinierte Targets in 1.2 und 2.2 spiegelt die Frequenz der Bedeutungen der ambigen Wörter wider und spricht für eine eher lexikal motivierte N300- und eine postlexikal evozierte N400-Komponente.

### 7.4.4 Späte Negativierung

In Experiment 2 wurden keine weiteren, für relatierte und unrelatierte Targets auftretenden, späten Negativierungen registriert, die denen aus Experiment 1 vergleichbar gewesen wären. Dies spricht dafür, dass die späten Negativierungen in Experiment 1 im Zusammenhang mit Prozessen der initialen Aktivierung der Wortbedeutungen standen und ein Zeichen erhöhter Aufmerksamkeits- bzw. Arbeitsgedächtnisanforderungen waren.

Allerdings zeigte sich ein später Effekt für die Versuchspersonen mit großer Lesespanne in Experiment 2.2 mit subordinierten Targets zum Ende des Kompositums. Die EKPs, die durch subordinierte Targetwörter evoziert wurden, verliefen hier deutlich negativer als die der unrelatierten Targets. Im Vergleich zur Gruppe mit kleiner Lesespanne schien für die Gruppe mit großer Spanne eine Positivierung für die unrelatierten Targets vorzuliegen (vgl. Abbildung 7.8 auf S. 93). Ein deskriptiver Vergleich der EKPs der Experimente 2.1 und 2.2 für Versuchspersonen mit großer Lesespanne ist in Abbildung 7.9 dargestellt und zeigt, dass der späte Effekt in 2.2 möglicherweise eher durch eine Negativierung auf die Präsentation subordiniert relatierter Targetwörter zustande kam. Die unrelatierten Targets waren in diesen Teilerperimenten identisch und wurden gleichermaßen zum Ende des Kompositums (*Balkleid*<sup>↓</sup>) präsentiert.

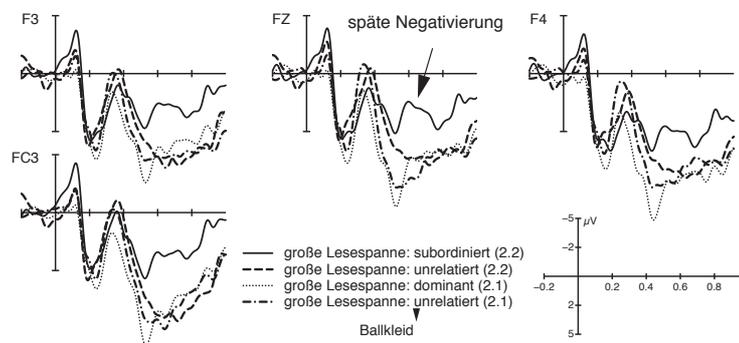


Abbildung 7.9: Der Unterschied im Potentialverlauf zwischen subordiniert relatierten und unrelatierten Targets bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne in Experiment 2.2. Im Vergleich zu den Potentialverläufen in Experiment 2.1 zeigt sich eine Negativierung für die subordinierten Targetwörter.

Während die unrelatierten Targets in 2.1 und 2.2 vergleichbare EKPs evozierten, unterschied sich die elektrophysiologische Reaktion auf subordinierte Targets deutlich von der, die durch dominante Targetwörter ausgelöst wurde. Da 2.1 und 2.2 gezeigt hatten, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne trotz subordinierter Disambiguierung beide Bedeutungen des ambigen Wortes aktiviert hatten, könnte es sich bei der späten

Negativierung auf subordinierte Targets um einen weiteren Frequenzeffekt handeln. In Anlehnung an die Arbeitsgedächtnis-Interpretation für die späten Effekte in Experiment 1 könnte vermutet werden, dass das Aktivhalten der weniger frequenten subordinierten Bedeutung des ambigen Wortes eine größere Belastung des Arbeitsgedächtnisses dargestellt haben könnte, als das der höher frequenten Lesart.

### **Schlussbetrachtung zu den späten Negativierungen**

Die späten Negativierungen von Experiment 1 und der späte Effekt für subordinierte Targets bei großer Lesespanne in 2.2 könnten erhöhte Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis reflektieren. Eine sichere Bestimmung der Funktionalität der späten Negativierungen war im Rahmen der Experimentreihen allerdings nicht möglich.

#### **7.4.5 Bedeutungsaktivierung und -selektion**

Die *behavioralen* Daten bestätigten das *multiple access model* (Swinney, 1979, vgl. Kapitel 3) nur teilweise. In Übereinstimmung mit dem Modell steht, dass *beide Bedeutungen* der ambigen Wörter aktiviert wurden, auch als bereits kontextuelle Disambiguierungsinformation vorlag (vgl. 2.1 und 2.3). Allerdings konnte behavioral keine kontextuell gesteuerte Selektion der relevanten Bedeutung registriert werden. Inwiefern die ausbleibende Selektion durch Unterschiede zwischen Satz- und Wortkontexten zustandekam, werden weitere Experimente zeigen müssen, in denen der Faktor *Kontext* in seinen zeitlichen und strukturellen Parametern kontrolliert variiert wird.

Die *elektrophysiologischen* Befunde aus 2.1 und 2.3 wiesen für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne eine Aktivierungsabnahme für die dominante Bedeutung des ambigen Wortes aus. Diese Deaktivierung konnte auf den Einfluss der Disambiguationsinformation der Kopfkonstituente des Kompositums zurückgeführt werden. Dies bedeutet, dass kontextuelle Informationen früheste Phasen der Verarbeitung ambiger Wörter beeinflussen konnten und ist eine Replikation der Befunde von Swaab und Kollegen (Swaab et al., 1998) bzw. van Petten und Kutas (van Petten & Kutas, 1987, 1989).

Kontextuelle Einflüsse konnten jedoch ausschließlich für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne belegt werden. Nachdem Experiment 1 gezeigt hatte, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne über schnellere Enkodierungsmechanismen verfügen, bestätigte Experiment 2 damit auch die zweite Beobachtung von Perfetti und Roth (1981): schlechtere verbale Leistungen sind mit Kontexteinflüssen auf frühe Stadien der Wortverarbeitung assoziiert.

Perfetti und Roth (1981) hatten die Schnelligkeit der Enkodierprozesse als den Faktor beschrieben, der über das Einfließen kontextueller Information in den Wortzugriff ent-

scheidet. Die Ergebnisse der Experimente 1 & 2 lassen jedoch auch eine andere Interpretation zu. Zum einen konnten Gernsbacher und Faust (1991a) zeigen, dass Versuchspersonen mit schlechterem Leseverständnis sensibler auf Kontextinformationen reagierten als solche mit besseren verbalen Leistungen. Zum anderen könnte das gegen die Kontextinformation laufende Aktivhalten der dominanten Bedeutung bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne in 2.1 und 2.3 auch auf eine Bevorzugung der höher frequenten Bedeutung durch diese Versuchspersonen zurückgeführt werden.

Frequenzinformation kann als vergleichsweise stabiler Wert angesehen werden, der sehr schnell im mentalen Lexikon abrufbar ist. Kontextinformation muß erst ermittelt und danach regelmäßig aufgefrischt werden. Sie wäre damit strukturell komplexer und weniger leicht abrufbar als Frequenzinformation. Sollten die Versuchspersonengruppen bei der Verarbeitung von (ambigen) Wörtern Frequenz- und Kontextinformation unterschiedlich stark eingebunden haben, könnte dies zu Unterschieden bei initialer Aktivierung und nachfolgender Selektion der Bedeutungen ambiger Wörter geführt haben. In diesem Falle wäre nicht die Fähigkeit zur Inhibition bzw. zum Aktivhalten die Ursache für interindividuelle Unterschiede bei der Bedeutungsselektion von ambigen Wörtern, sondern unterschiedlich verlaufende Prozesse bei der Bestimmung der relevanten Bedeutung ambiger Wörter.

#### 7.4.6 Inhibition oder Aktivhalten

Experiment 2 bestätigte *nicht*, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne über besonders gute Inhibitionsmechanismen verfügen. Diese Hauptannahme der Inhibitionstheorie von Gernsbacher (Gernsbacher & Faust, 1991a) hätte gerade für große Lesespannen zu einer Deaktivierung der irrelevanten Bedeutung führen müssen. In 2.1 und 2.3 reflektierten die EKPs jedoch im Gegenteil bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne keinerlei Anzeichen einer Inhibition der irrelevanten dominanten Bedeutung. Dieser Befund stand im deutlichen Widerspruch zu den Beobachtungen, die zur Untermauerung der Inhibitionstheorie angeführt worden waren (Gernsbacher & Robertson, 1995, für einen Überblick). Versuchspersonen mit geringer Lesespanne hingegen hatten die irrelevante dominante Bedeutung deaktiviert. Als zugrundeliegender Mechanismus für eine solche Deaktivierung kann *Inhibition* angenommen werden, da die Aktivierung der dominanten Bedeutung bis auf das Niveau unrelatierter Wörter gedämpft wurde.

Es gab somit zwar Evidenz dafür, dass die Deaktivierung der irrelevanten Bedeutung an *inhibitorische Prozesse* gekoppelt war – ob die Fähigkeit zur Inhibition jedoch bei verschiedenen Lesespannen unterschiedlich ausfällt, bedurfte weiterer experimenteller Untersuchung. Die Aktivierungstheorie (Miyake, Just & Carpenter, 1994) konnte zur Erklärung des vorliegenden Ergebnisses kaum herangezogen werden. In den Experimen-

ten 1 und 2 gab es keinen Grund zum Aktivhalten beider Bedeutungen, da kontextuelle Disambiguierungsinformation sofort nach Ende des ambigen Wortes geliefert wurde.

#### 7.4.7 Zusammenfassung

Die ersten beiden Experimente lieferten Evidenz dafür, dass *Inhibition* der Mechanismus ist, der zur Deaktivierung irrelevanter Information im Arbeitsgedächtnis führt. Die Annahme, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne über bessere inhibitorische Fähigkeiten verfügen, konnte jedoch nicht bestätigt werden.

Die von Perfetti und Roth (1981) diskutierten Beobachtungen wurden repliziert: Versuchspersonen mit geringer Lesespanne waren langsamer und zeigten kontextuelle Einflüsse in frühen Stadien der Wortverarbeitung. Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten keine kontextuellen Einflüsse auf die Verarbeitung der Wortbedeutungen und verfügten über schnellere Zugriffsmechanismen. Sie wiesen darüberhinaus eine Tendenz zur Bevorzugung der höher frequenten Bedeutung der ambigen Wörter auf.

Für diesen Befund konnten schnellere Enkodierleistungen der Versuchspersonen mit großer Lesespanne verantwortlich gewesen sein. Aber auch eine stärkere Beachtung kontextueller Information durch Versuchspersonen mit geringer Lesespanne und eine Fokussierung auf Frequenzinformation in der Gruppe mit großer Lesespanne kamen als Erklärung für die Effekte der Experimente 1 und 2 in Frage.

#### 7.4.8 Ausblick

Am Ende der Experimente auf Wortebene standen zwei Fragen:

1. Binden die nach ihrer verbalen Arbeitsgedächtnisleistung getrennten Gruppen tatsächlich in unterschiedlich starker Weise kontextuelle und Frequenzinformationen ein, wenn sie ambige Wörter verarbeiten?
2. Warum traten die Inhibitionseffekte nicht bei Versuchspersonen mit großer, sondern bei denen mit kleiner Lesespanne auf?

Weitere Untersuchungen erfolgten innerhalb eines anderen Experimentalparadigmas. Experiment 3 bediente sich eines Satzkontextes, um die Mechanismen bei der Verarbeitung ambiger Wörter weiter zu spezifizieren. Dabei kam zum einen das Aktivhalten von Information über längere ambige Satzphasen hinweg (Aktivierungstheorie, Miyake, Just & Carpenter, 1994) als neuer Untersuchungsgegenstand hinzu. Zum anderen wurde die Annahme, dass Versuchspersonen die relevante Bedeutung ambiger Wörter interindividuell verschieden selektieren könnten, als dritte zu testende These (*Selektionsthese*) in die Studie aufgenommen.

## Kapitel 8

# Bedeutungsselektion im Satzkontext: Experiment 3

### 8.1 Einleitung

Die Experimente auf Wortebene hatten für frühe Prozesse der Verarbeitung ambiger Wörter Unterschiede offengelegt. Während bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne kontextuelle Einflüsse sofort modulierend auf das Aktivationsniveau der beiden Bedeutungen der ambigen Wörter wirkten, zeigten Versuchspersonen mit großer Lesespanne sehr schnelle Aktivierungsprozesse und keine kontextuell induzierten Modulationen.

Mit Experiment 3 begann die Untersuchung der Mechanismen, die den Einfluss des Satzkontextes auf die Bedeutungsauswahl bei ambigen Wörtern steuern. In Sätzen kann kontextuelle Disambiguierungsinformation über kontrollierbare Zeiträume gezielt vorenthalten werden. Somit eignen sie sich gut, um den Einfluss von *Frequenz*information auf Selektionsprozesse zu isolieren. Darüberhinaus erlauben Satzkontexte das Präsentieren widersprüchlicher Disambiguierungsinformation und damit eine Untersuchung der Prozesse, die dem Wirken *kontextueller* Information zugrunde liegen.

An die bisherigen Experimente anknüpfend, wurden in Experiment 3 ambige Wörter an einer Position präsentiert, zu der noch keine disambiguierende Information aus dem Kontext vorlag. Ein erster Disambiguierungshinweis erfolgte nicht direkt nach der Präsentation des ambigen Wortes, sondern erst nach einer ambigen Satzphase. Die EKPs des Disambiguierungshinweises ermöglichten somit Rückschlüsse auf eventuell frequenzgeleitete Selektionsprozesse. Die endgültige Disambiguierung durch das Verb des Satzes wiederum lief in einigen Fällen dem Disambiguierungshinweis zuwider, in anderen nahm

das Verb auf dieselbe Bedeutung des ambigen Wortes Bezug wie der Disambiguierungshinweis. Mit den EKPs der Verbposition konnte untersucht werden, welchen Einfluss die kontextuelle Information des Disambiguierungshinweises auf den Selektionsprozess für ambige Wörter hatte. Die EKPs beider Positionen konnten weitere Daten zum Testen der *Selektionsthese* liefern.

Mit einer ambigen Phase und dem darauffolgenden Einsetzen disambiguierender Information war Experiment 3 so konstruiert, dass damit auch Inhibitions- und Aktivations-Theorie als in Frage stehende Mechanismen zur Verarbeitung ambiger Wörter in Sätzen untersucht werden konnten (Gernsbacher & Faust, 1991a; Miyake, Just & Carpenter, 1994, vgl. Abschnitt 4.5.1 ab S. 44).

Der *Aktivierungstheorie* (Miyake, Just & Carpenter, 1994) folgend sollten Versuchspersonen mit großer Lesespanne zum Ende der ambigen Satzphase beide Bedeutungen des ambigen Wortes vergleichbar stark aktiviert haben, da sie über ausreichend aktivatorische Ressourcen verfügen. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne sollten aufgrund beschränkter Ressourcen weniger Aktivierung für die subordinierte Bedeutung zeigen.

Ein konträres Bild war aus Sicht der *Inhibitionstheorie* zu erwarten (Gernsbacher & Faust, 1991a). Bessere inhibitorische Fähigkeiten sollten zur Deaktivierung der weniger frequenten Bedeutung bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne führen. Bei geringer Lesespanne war vergleichbar viel Aktivierung für beide Bedeutungen zu erwarten.

Der *Selektionsansatz* hatte nicht in Aktivierung bzw. Inhibition, sondern bei der Selektion von Information Unterschiede zwischen den Versuchspersonen vermutet. Im Fall selektionsbasierter Unterschiede zwischen den Gruppen sollte das Fehlen kontextueller Information bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne die Selektion der relevanten Bedeutung erschweren. Beide Bedeutungen sollten aktiviert bleiben. Die Frequenzorientiertheit bei großer Lesespanne müsste dagegen am Ende der ambigen Phase zu weniger Aktivierung für die subordinierte Bedeutung führen. Die Vorhersagen für das Bewältigen einer längeren Phase ohne disambiguierende Kontextinformation waren damit für Inhibitions- und Selektionsansatz identisch.

Tabelle 8.1 fasst die Hypothesen für die Versuchspersonengruppen zusammen.

## 8.2 Methode

### 8.2.1 Vorstudie

Die 91 ambigen Wörter, die durch die erste Vorstudie (vgl. Abschnitt 6.2.1, S. 58) ermittelt worden waren, wurden zur Vorbereitung der Satzexperimente in eine zweite Fragebogen-

Der Ton wurde vom ...		Hypothesen		
		Aktivation	Inhibition	Selektion
große Lesespanne	<b>Sänger</b> (dominant)	aktiv	aktiv	aktiv
	<b>Töpfer</b> (subordiniert)	aktiv	nicht aktiv	nicht aktiv
kleine Lesespanne	<b>Sänger</b> (dominant)	aktiv	aktiv	aktiv
	<b>Töpfer</b> (subordiniert)	nicht aktiv	aktiv	aktiv

Tabelle 8.1: *Aktivations- und Inhibitionstheorie prognostizieren verschieden viel Aktivierung für die Bedeutungen ambiger Wörter, wenn längere Zeit keine Disambiguierungsinformation geliefert wird. Die stärkere Beachtung von Frequenzinformation durch Versuchspersonen mit großer Lesespanne führt zu ähnlichen Vorhersagen wie die Inhibitionstheorie.*

studie übernommen. In dieser wurden die ambigen Wörter mit den entsprechenden hoch erwarteten Hinweis-Substantiven in unvollständigen Sätzen präsentiert.

(→) *Der Ton wurde vom Sänger ...*

Die Versuchspersonen hatten die Aufgabe, ein Verb zur Komplettierung einzutragen.

(→) *... gesungen.*

Mit diesem zweiten Fragebogen wurde die Wahrscheinlichkeit (*cloze probability*) bestimmt, mit der die Versuchspersonen nach einem Satzanfang mit vorgegebenem Disambiguierungshinweis ein bestimmtes Verb zur Fortsetzung des Satzes wählen würden. 50 Studierende, die am ersten Vortest nicht teilgenommen hatten, füllten die Fragebögen aus. Im Ergebnis wurden nur ambige Wörter, bei denen mindestens 80% der Versuchspersonen das gleiche Verb zur Komplettierung eines vorgegebenen Satzes gewählt hatten, in der Datenbasis belassen.

Ein letzter Test wurde durchgeführt, um die Plausibilität der so entstandenen Sätze zu überprüfen. Weitere 50, wiederum neu geworbene, Versuchspersonen waren aufgefordert, die Bedeutung der ambigen Wörter in Sätzen wie:

(→) *Der Ton wurde vom Sänger gesungen.*

(→) *Der Ton wurde vom Töpfer gebrannt.*

zu bestimmen. Aufgrund dieses Plausibilitätstests mussten keine weiteren Wörter ausgeschlossen werden, am Ende der Vorstudie befanden sich noch 88 Wörter in der Materialsammlung.

### 8.2.2 Versuchspersonen

Alle Versuchspersonen nahmen unter den für Experiment 1 (vgl. Abschnitt 6.2.2, S. 59) angeführten Kriterien teil. Keine Versuchsperson war an einem der vorhergehenden Experimente beteiligt.

An Experiment 3 nahmen 32 Versuchspersonen (16 männlich) im Alter von 18-30 Jahren (Mittelwert: 25 Jahre) teil. Zwölf Versuchspersonen mit großer Lesespanne (4 bis 6, Mittelwert: 4,4) und 12 Versuchspersonen geringerer Lesespanne (2 bis 3,5, Mittelwert: 2,7) wurden für die Gruppen mit unterschiedlicher verbaler Arbeitsgedächtnisspanne ausgewählt.

### 8.2.3 Stimuli

Die ambigen Wörter der ersten Vorstudie (vgl. Abschnitt 6.2.1) wurden mit den zugehörigen Substantiven in weitere Vorstudien (vgl. Abschnitt 8.2.1) übernommen. Mittels dieser Studien wurden für 88 der ambigen Wörter sechs-Wort-Sätze erstellt, in denen die Erwartung (cloze probability), dass nach einem bestimmten Substantiv ein ganz spezielles Verb präsentiert würde, in subordiniert *und* dominant verlaufenden Sätzen über 90 % lag. Ein semantisch neutrales Satzanhängsel von vier Wörtern wurde zur Vermeidung von Satzendeckeffekten angefügt. Alle verwendeten Sätze sind in Anhang B.3 dokumentiert.

Füllsätze hatten dieselbe syntaktische Struktur wie kritische Sätze, waren jedoch frei zusammengestellt und wiesen einen unambigen Verlauf auf.

Verständnisfragen, die sich auf Substantiv oder Verb des vorangegangenen Satzes bezogen, hatten die Struktur *Wurde der Ton vom [Substantiv] [Verb]?*. Sie wurden über eine Computerroutine automatisch generiert. Verständnisfragen, die auf Information aus dem Satzanhang gerichtet waren, wurden per Hand erstellt. Für JA-Antworten wurde der Satzanhang in eine Frage umformuliert. Für NEIN-Antworten wurde eine zum Satzanhang antonymische Aussage erstellt und als Frage präsentiert.

### 8.2.4 Design und Versuchsablauf

#### Design

Bei Experiment 3 handelte es sich um ein rein visuelles Experiment. Ambige Wörter wurden in vier syntaktisch identischen aber semantisch unterschiedlich aufgebauten Sätzen Wort für Wort angeboten. Dabei folgte auf einen Artikel das ambige Wort (Der *Ton*...), danach ein Auxiliar und eine Präposition (Der *Ton* wurde vom ...). Nach der Präposition wurde ein Hinweis auf eine der beiden Bedeutungen des ambigen Wortes in Form eines Substantivs (...*Sänger* bzw. ...*Töpfer*) angeboten. Direkt auf das Substantiv folgte das

Verb, das zur endgültigen Disambiguierung des ambigen Wortes führte, aber nur in 50 % der Sätze der Tendenz entsprach, die durch das Substantiv vermittelt worden war.

In den kritischen Sätzen wurde die ambige Satzphase also entweder durch einen subordinierten oder einen dominanten Disambiguierungshinweis beendet. Auf subordinierte Disambiguierungshinweise konnten sowohl subordinierte als auch dominante endgültige Disambiguierungen folgen (Bedingungen *SS* und *SD*). Ebenso konnten auf einen dominanten Hinweis dominante und subordinierte Disambiguierungen folgen (Bedingungen *DD* und *DS*). Abbildung 8.1 zeigt, wie Kontexteinflüsse in Experiment 3 variiert wurden:

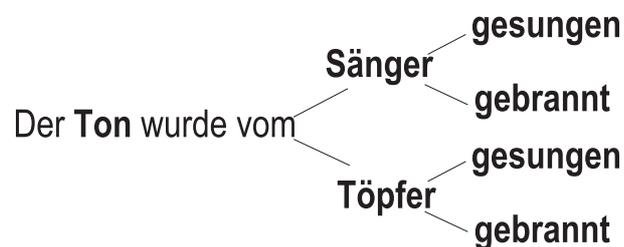


Abbildung 8.1: Grundaufbau der Satzexperimente. Ein ambiges Wort erhält einen dominanten oder subordinierten Disambiguierungshinweis, auf welchen wiederum eine entweder dominante oder subordinierte Disambiguierung folgt.

Die Satzvarianten für Experiment 3 sahen wie folgt aus:

Der **Ton** wurde vom...

- (→) **Sänger gesungen**, als ...  
dominanter Hinweis – dominante Disambiguierung (DD)
- (→) **Töpfer gebrannt**, weil ...  
subordinierter Hinweis – subordinierte Disambiguierung (SS)
- (→) **Sänger gebrannt**, obwohl ...  
dominanter Hinweis - subordinierte Disambiguierung (DS)
- (→) **Töpfer gesungen**, während ...  
subordinierter Hinweis – dominante Disambiguierung (SD)

Jede Versuchsperson sah die zwei semantisch am meisten divergierenden Versionen (DD und SD bzw. SS und DS). Zur Vermeidung von Wiederholungseffekten wurden zwei Sitzungen mit einem Mindestabstand von einer Woche, meist jedoch mehr als 14 Tagen durchgeführt. Über die Versuchspersonen wurden sowohl Sitzung 1 und 2 als auch die Blöcke alternierend angeboten.

Pro Block wurden neben den 88 Experimentsätzen ebenso viele Füllsätze angeboten, so dass jeder Block 176 Sätze enthielt. Die Aufgabe einer jeden Versuchsperson bestand im Beantworten einer am Satzinhalt orientierten Verständnisfrage. Die Fragen bezogen sich zu je einem Drittel auf Substantiv, Verb und Satzanhang und waren in Bezug auf die JA- und NEIN-Antworten auf alle Satzbedingungen und Blöcke gleich verteilt.

### **Versuchsablauf**

Die Satzexperimente begannen mit einer Instruktion und einer ausführlichen Übungssequenz. Jede der zwei Sitzungen nahm ca. 45 Minuten in Anspruch, bei einer Pause von mindestens 15 Minuten. Die Versuchspersonen saßen in speziell ausgerüsteten Stühlen in einer elektrisch abgeschirmten Kabine bei gedämpftem Licht und Schallschutz. Der Abstand zum Computer-Monitor betrug einen Meter.

Die Sätze wurden Wort für Wort innerhalb von  $2^\circ$  des visuellen Feldes präsentiert. Alle angebotenen Wörter erschienen in schwarzen Buchstaben auf hellgrauem Hintergrund. Nach einem einleitenden Fixationskreuz von 300 ms wurde das erste Wort 300 ms lang auf dem Monitor gezeigt, nach 200 ms leerem Bildschirm folgte das nächste Wort. Nach dem Ende des Satzes folgten zunächst 700 ms leerer Bildschirm. Im Anschluss wurde die inhaltlich orientierte Frage als Einheit auf dem Monitor eingeblendet. Die maximale Antwortzeit betrug fünf Sekunden, nach Abgabe der Antwort oder bei Überschreiten des Zeitlimits erhielten die Versuchspersonen eine Rückmeldung (korrekt, inkorrekt oder Zeitüberschreitung), die 700 ms lang auf dem Monitor erschien.

## **8.2.5 Datenerfassung**

Die Aufzeichnung der EEGs erfolgte wie für Experiment 1.1 beschrieben (s. S. 64).

## **8.2.6 Datenanalyse**

### **Behaviorale Daten**

Behavioral wurden die Fehlerraten erfasst. Mit repeated-measure ANOVAs wurden zwei Eingangsanalysen berechnet. Eine ANOVA bezog die gesamte Versuchspersonengruppe mit ein und wurde über die Faktoren *Frequenz* (zweigestuft: dominant, subordiniert) und *Umschalten* (zweigestuft: umschalten, nicht umschalten) berechnet. Zur Ermittlung interindividueller Unterschiede wurde eine zweite ANOVA über die geringere Anzahl von Versuchspersonen in den Gruppen mit verschiedener Lesespanne mit dem Gruppenfaktor *Arbeitsgedächtnis* (zweigestuft: kleine, große Lesespanne) und den Faktoren *Frequenz* (zweigestuft: dominant, subordiniert) und *Umschalten* (zweigestuft: umschalten, nicht

umschalten) berechnet. Die Effekte der Faktoren *Frequenz* und *Umschalten* werden für die zweite Analyse nur berichtet, wenn sie von den Effekten für die gesamte Versuchspersonengruppe abweichen. Ein Effekt wurde bei  $p < .05$  als signifikant gewertet.

### Ereigniskorrelierte Potentiale

Die EKPs wurden für den Disambiguierungshinweis und das disambiguierende Verb jeweils über eine Sekunde ab Präsentationsbeginn wie für Experiment 1.1 beschrieben berechnet (s. S. 65). Dabei mussten weniger als 1 % der Trials aufgrund technischer oder Augenbewegungsartefakte von der Analyse ausgeschlossen werden. Ausgewertet wurde analog zu den Experimenten 1 & 2 anhand von 50 ms-Zeitfenstern für den Zeitbereich zwischen 300 und 500 ms nach Stimuluspräsentation. Für die vier 50 ms-Zeitfenster wurden repeated-measure ANOVAs basierend auf der mittleren Amplitude der EKPs für jede Elektrode einzeln berechnet. Ein Effekt wurde bei  $p < .05$  als signifikant gewertet.

Analog zur Analyse der behavioralen Daten wurden zwei Eingangsanalysen vorgenommen. Die erste wurde über alle Versuchspersonen und Elektroden für die Faktoren *Frequenz* (zweigeteilt: dominant, subordiniert) und *Umschalten* (zweigeteilt: umschalten, nicht umschalten) gerechnet. Die zweite Eingangsanalyse wurde über alle Elektroden und die geringere Anzahl von Versuchspersonen in den Gruppen mit verschiedener Lesespanne mit dem Gruppenfaktor *Arbeitsgedächtnis* (zweigeteilt: kleine Lesespanne, große Lesespanne) und den Faktoren *Frequenz* (zweigeteilt: dominant, subordiniert) und *Umschalten* (zweigeteilt: umschalten, nicht umschalten) berechnet. Aus Platzgründen wird auch in den Satzexperimenten auf die Dokumentation der p- und F-Werte für die Einzelelektroden verzichtet. Tabellen im Anhang der Arbeit (vgl. Anhang A) bieten jedoch wieder einen Überblick über die Ergebnisse der ANOVAs. In den Tabellen sind für die kritischen Zeitbereiche die p-Werte der ANOVAs über die Einzelelektroden und Zeitfenster grafisch umgesetzt. Dabei werden Trends ( $.05 \geq p < .1$ ) durch einen Punkt, signifikante Effekte mit Werten von  $p < .05$  durch einen Strich und p-Werte von  $p < .01$  durch einen Doppelstrich dargestellt. Die Geisser-Greenhouse Korrektur (Greenhouse & Geisser, 1959) kam bei mehr als einem Freiheitsgrad im Zähler grundsätzlich zur Anwendung.

## 8.3 Ergebnisse

### 8.3.1 Fehlerraten

**Alle Versuchspersonen.** Die Versuchspersonen waren insgesamt sehr gut in der Lage, die nach jedem Satz folgende Verständnisfrage (*Der Ton wurde vom Töpfer gesungen, als ...* ⇒ *Wurde der Ton vom Sänger gesungen?*) zu beantworten: In 96 % der Fälle antworteten

sie korrekt. Die ANOVA ergab einen *Umschalten*-Haupteffekt ( $F(1, 31) = 8.4, p > .007$ ). Für Sätze, die kein Umschalten zwischen den Wortbedeutungen erforderten (DD und SS), wurden 97 % korrekte Antworten registriert, in Sätzen mit Bedeutungswechsel (DS und SD) nur 95 %.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Die Analyse der Fehlerraten für die geringere Anzahl von Versuchspersonen in den Gruppen mit großer bzw. geringer Lesespanne bestätigte mit einem Trend den *Umschalten*-Haupteffekt ( $F(1, 22) = 5.04, p > .06$ ) und ergab darüber hinaus einen *Frequenz*-Haupteffekt ( $F(1, 22) = 8.64, p > .008$ ). Die 24 Versuchspersonen in den beiden Gruppen antworteten nach dominantem Hinweis (Dx) mit 96 % eher korrekt als nach subordiniertem (Sx, 95 % richtige Antworten). Eine Übersicht ist in Tabelle 8.2 zusammengestellt. Es wurde kein *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekt ( $F(1, 22) = .01, n.s.$ ) oder Interaktionen mit dem Faktor *Arbeitsgedächtnis* gefunden.

	<i>% korrekte Antworten ganze Gruppe</i>
alle Satzvarianten	96 %
ohne Umschalten	97 %
mit Umschalten	95 %
Dx	96 %
Sx	95 %

Tabelle 8.2: Korrekte Antworten auf die Verständnisfrage im Anschluss an die Satzpräsentation in Experiment 3. Frequenz- und Umschalteffekte für alle Versuchspersonen, aber keine Unterschiede zwischen Versuchspersonen unterschiedlicher Lesespanne.

### 8.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

#### Ende der ambigen Phase: Sänger / Töpfer

**Alle Versuchspersonen.** Wie in Abbildung 8.2 dargestellt, evozierte das Verarbeiten eines subordinierten Hinweisreizes (*Töpfer*) über die gesamte Kopfoberfläche verteilt größere Negativierungen als das eines dominant relatierten Hinweises (*Sänger*). Mit Ausnahme von FP2, FT8 und P8 konnten zwischen 300 und 500 ms für alle Elektroden signifikante Unterschiede im Potentialverlauf für subordiniert und dominant relatierte Hinweisreize belegt werden (vgl. Tabelle A.20). Der Effekt setzte 350 ms nach Beginn des Hinweisreizes breit verteilt ein und erreichte sein Maximum bei ungefähr 425 ms auf zentral-posterioren Bereichen der Kopfoberfläche. Er entsprach damit in zeitlichen Parametern und Schädelverteilung einem klassischen N400-Effekt.

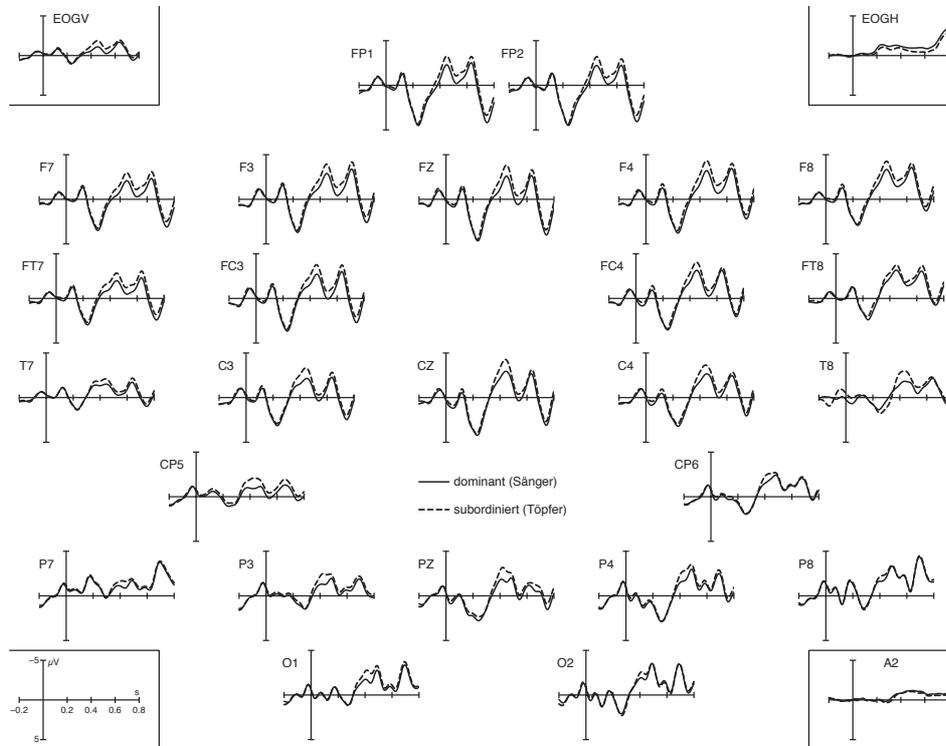


Abbildung 8.2: EKGs für alle Versuchspersonen bei der Verarbeitung dominanter und subordinierter Hinweisreize in Experiment 3. Bis auf FP2, FT8 und P8 zeigten alle Elektroden signifikant stärkere Negativierungen für subordinierte (Töpfer) im Vergleich zu dominanten (Sänger).

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Die Analyse im Bezug auf Unterschiede zwischen den Gruppen unterschiedlicher Lesespannen offenbarte weder *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekte noch -Interaktionen. Auf einigen Elektroden erreichten *Arbeitsgedächtnis*\**Frequenz*-Interaktionen jedoch Trendniveau (für weitere Beobachtungen vgl. Experiment 4, S. 122).

### Endgültige Disambiguierung: gesungen/gebrannt

**Alle Versuchspersonen.** Abbildung 8.3 spiegelt wider, dass in Sätzen mit einem Bedeutungswechsel (DS und SD) auf der Verbposition größere Negativierungen evoziert wurden als in Sätzen, in denen Substantiv und Verb zur selben Bedeutung des ambigen Wortes in Bezug standen (DD und SS). Die ANOVAs belegten *Umschalten*-Haupteffekte auf allen Elektroden. Diese setzten um 300 ms nach der Präsentation des Verbs ein und hielten meist 200 ms an (vgl. Tabelle A.21). *Umschalten*\**Frequenz*-Interaktionen auf al-

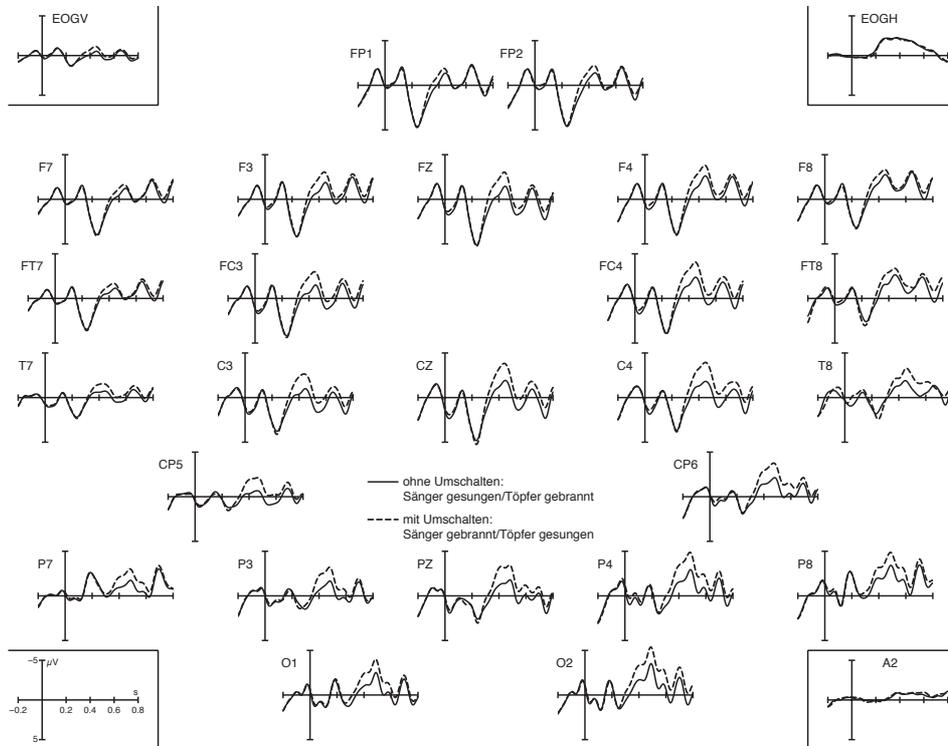


Abbildung 8.3: EKGs für alle Versuchspersonen bei der Verarbeitung des Verbs in Experiment 3. Dargestellt sind die EKGs für Verben, die auf dieselbe Bedeutung des ambigen Wortes Bezug nahmen wie die zuvor präsentierten Substantive (durchgezogene Linie) im Gegensatz zu Verben, die einen Bedeutungswechsel erforderten (gestrichelt). Signifikante Effekte auf allen Elektroden.

len Elektroden außer CP6, P4, P8 und O2 (vgl. Tabelle A.22) zeigten an, dass sich der Umschalteffekt nach einem dominanten Hinweis von dem unterschied, der nach subordiniertem Hinweis registriert wurde. Wie in den Abbildungen 8.4 und 8.5 dargestellt, fiel die Negativierung dann größer aus, wenn nach einem dominanten Substantiv ein subordiniert relatives Verb präsentiert wurde. Sie war weniger stark, wenn auf einen subordinierten Hinweis ein dominant relatives Verb folgte. In den ANOVAs zeigte sich der Umschalteffekt nach dominantem Hinweis (DD vs. DS) robuster und betraf mehr Elektroden als nach subordiniertem Substantiv (SS vs. SD). Nach dominantem Disambiguierungshinweis zeigten alle ausgewerteten Elektroden eine stärkere Negativierung für ein subordiniertes im Vergleich zu einem dominanten Verb (vgl. Tabelle A.23). Nach subordiniertem Hinweis verliefen die EKGs für dominant relationale Verben dagegen nur auf wenigen zentral-posterioren Elektroden und in kürzeren Zeitfenstern signifikant negativer als für subordinierte Verben (vgl. Tabelle A.24).

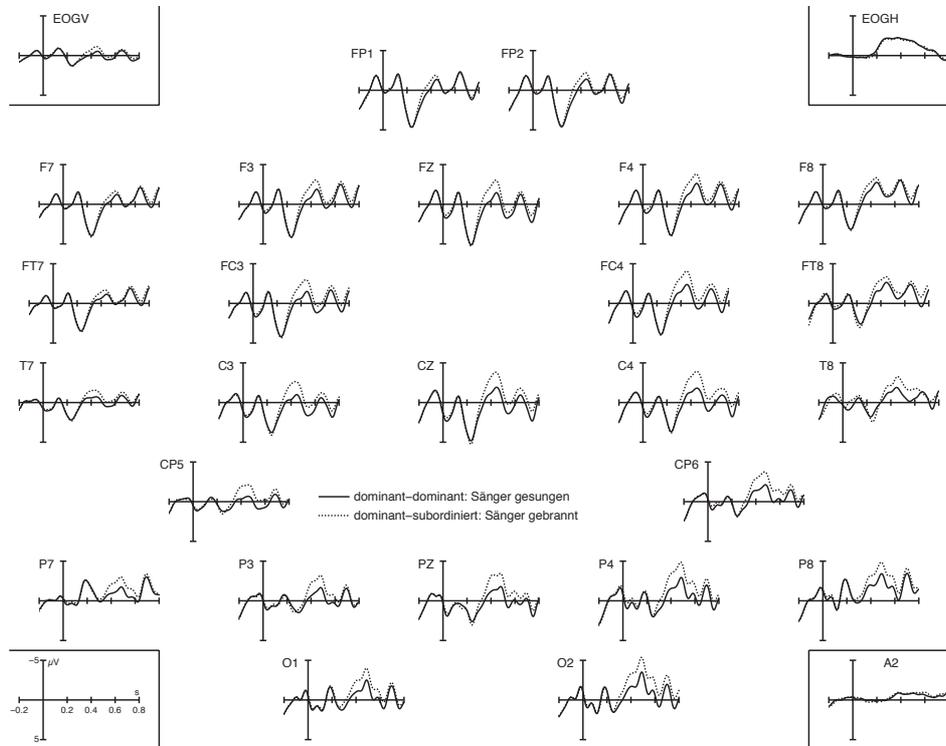


Abbildung 8.4: EKGs für alle Versuchspersonen auf dominant (durchgezogen) und subordiniert (gepunktet) verwandte Verben nach dominantem Hinweisreiz in Experiment 3.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Verarbeitungsunterschiede bei unterschiedlicher Lesespanne zeigten sich für alle Elektroden außer T7, C3, CP5, P7, PZ und O1 mit 3-Weg-Interaktionen *Arbeitsgedächtnis\*Umschalten\*Frequenz* (vgl. Tabelle A.25). Die ANOVAs innerhalb der Gruppen offenbarten für Versuchspersonen mit *großer Lesespanne* einen über die gesamte Kopfoberfläche verteilten *Umschalten-Haupteffekt* (vgl. Tabelle A.26). Es konnten jedoch keine *Umschalten\*Frequenz*-Interaktionen festgestellt werden. Wie in Abbildung 8.6 dargestellt, zeigten die EKGs für Verben, die ein Umschalten erforderten (DS und SD), keine Unterschiede. Auch die EKGs der Verben, die die gleiche Bedeutung des ambigen Wortes ansprachen wie die vorhergehenden Hinweisreize (DD und SS), wiesen keine Unterschiede auf.

Für Versuchspersonen mit *geringerer Lesespanne* zeigte sich ebenfalls ein *Umschalten-Haupteffekt*. Im Vergleich zum *Umschalten-Effekt* bei großer Lesespanne war dieser jedoch auf weniger Elektroden und in kürzeren Zeitfenstern präsent (vgl. Tabelle A.27).

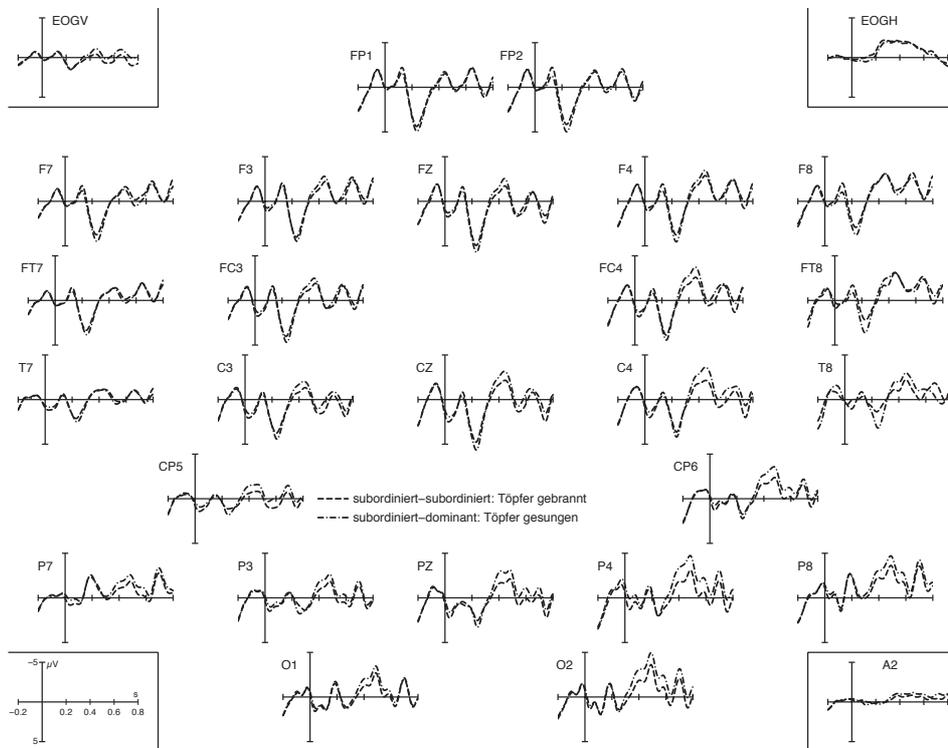


Abbildung 8.5: EKGs für alle Versuchspersonen auf dominant (gestrichelt) und subordiniert (Strich-Punkt-Linie) relationierte Verben nach subordiniertem Hinweisreiz in Experiment 3.

Darüberhinaus traten für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne *Umschalten\*Frequenz*-Interaktionen auf allen weitergehend analysierten Elektroden bis auf O2 auf (vgl. Tabelle A.28).

Wie Abbildung 8.7 zeigt, zeigten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne eine deutlich vergrößerte N400-Komponente für das Umschalten von dominantem Hinweisreiz auf ein subordiniertes Verb (DS). Dieser Effekt wurde im Vergleich zu der Bedingung, in der ein dominant relationiertes Verb auf einen dominanten Hinweis folgte (DD), für alle Elektroden signifikant (vgl. Tabelle A.29). Das Umschalten auf die dominante Bedeutung nach subordiniertem Hinweis (SD) führte dagegen im Vergleich zu der Satzvariante, die kein Umschalten erforderte (SS), auf keiner Elektrode zu einem signifikanten Effekt.

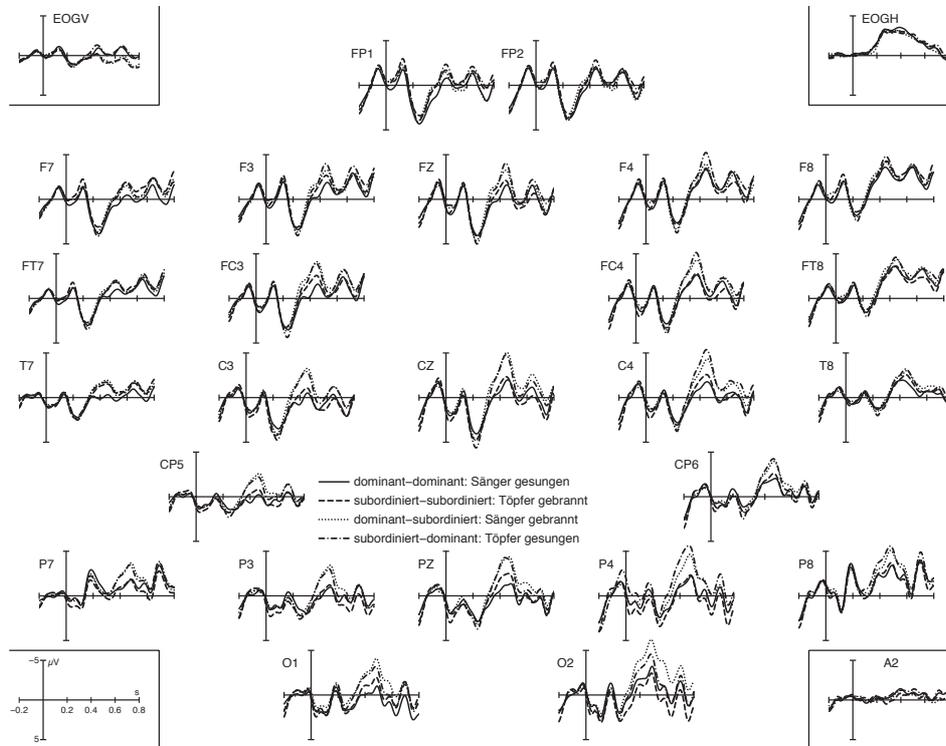


Abbildung 8.6: Verben bei großer Lesespanne in Experiment 3. EKGs für Verben, die ein Umschalten erforderten (DS und SD), zeigten keine Unterschiede. Auch die EKGs der Verben, die die gleiche Bedeutung des ambigen Wortes ansprachen wie die vorhergehenden Hinweisreize (DD und SS), wiesen keine Unterschiede auf.

### 8.3.3 Zusammenfassung

*Behavioral* zeigten sich höhere Fehlerraten nach subordiniert relatierten Hinweis-Substantiven (Sx) und in Sätzen, in denen Disambiguierungshinweis und nachfolgendes Verb widersprechende Informationen lieferten (DS und SD). Die Versuchspersonengruppen unterschieden sich in Bezug auf die Fehlerraten nicht.

*Elektrophysiologisch* fielen nach der ambigen Phase die N400-Komponenten auf dominante Hinweise im Vergleich zu denen subordinierter Substantive reduziert aus. Die Unterschiede zwischen den Versuchspersonengruppen erreichten auf dieser Position nicht Signifikanzniveau (aber vgl. Experiment 4, S. 122). Beide Gruppen zeigten vergrößerte N400-Komponenten für subordiniert relationierte Verben nach dominantem Hinweis (DS vs. DD). Ein dominant relationiertes Verb nach subordiniertem Hinweis beantworteten nur Versuchspersonen mit großer Lesespanne mit einer verstärkten N400 (SD vs. SS).

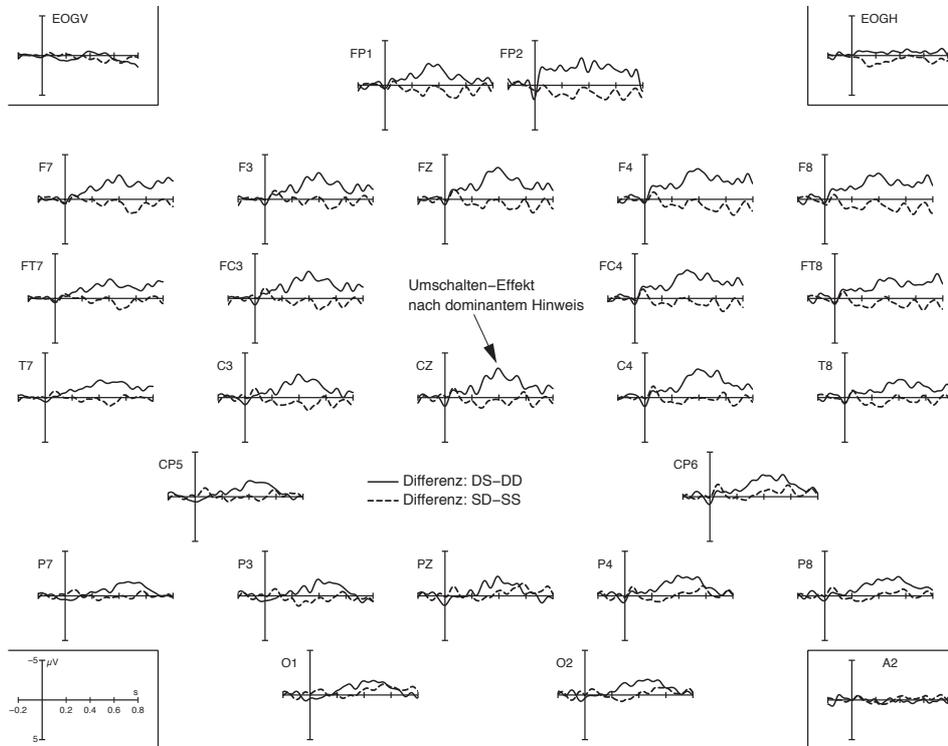


Abbildung 8.7: Verben bei geringer Lesespanne in Experiment 3. Während das Umschalten von dominant nach subordiniert eine besonders starke Negativierung hervorrief, zeigten die EKGs für die drei anderen Bedingungen keine signifikanten Unterschiede. Zur Verdeutlichung des Effekts wurden Differenzkurven für die Darstellung verwendet.

## 8.4 Diskussion

### 8.4.1 Inhibitions- und Aktivierungstheorie

Die Bewältigung einer ambigen Satzphase von einer Sekunde führte weder behavioral noch bei den EKGs zu Unterschieden zwischen den Versuchspersonengruppen. Rückschlüsse auf lesespannenabhängige Unterschiede beim Aktivhalten der Bedeutungen ambiger Wörter waren somit an dieser Stelle nicht möglich.

Allerdings war die ambige Phase in Experiment 3 mit zwei Wörtern vergleichsweise kurz (vgl. Miyake, Just & Carpenter, 1994, mit sieben Wörtern zwischen ambigem Wort und Disambiguierung). Möglicherweise hatte dieser kurze Zeitraum nicht ausgereicht, um Unterschiede zwischen den Versuchspersonen sichtbar werden zu lassen.

### 8.4.2 Kontexteinfluss

Fehlerraten und EKPs belegten, dass sich kontextuelle Informationen bei allen Versuchspersonen sehr schnell auf die Bedeutungsselektion für ein ambiges Wort auswirkten.

*Behavioral* zeigte sich für Sätze, in denen nacheinander auf beide Bedeutungen eines ambigen Wortes Bezug genommen wurde (DS und SD), bei allen Versuchspersonen eine erhöhte Fehlerrate. Kontext, der in Bezug auf das ambige Wort nicht eindeutig war, erschwerte demnach das Satzverständnis. Das Satzverständnis wiederum war grundsätzlich abhängig von der Interpretation des ambigen Wortes – die Wahl einer anderen Lesart erforderte eine Anpassung der Satzinterpretation.

Die *elektrophysiologischen* Ergebnisse gaben Einblick in die Prozesse, die das Satzverstehen in Experiment 3 begleiteten. Die EKPs für die Verb-Position zeigten für die ganze Versuchspersonengruppe, dass sich die disambiguierende Information der Hinweisreize sofort auf die Interpretation des ambigen Wortes – und damit des ganzen Satzes – ausgewirkt hatten. Die N400-Effekte auf der Verbposition zwischen Sätzen mit und ohne Bedeutungswechsel konnten als deutliches Zeichen für den schnellen Einfluss kontextueller Information auf die Bedeutungsselektion interpretiert werden.

Interindividuelle Unterschiede beim Einfluss des Kontextes auf die Bedeutungsselektion ambiger Wörter zeigten sich nur an einer Stelle. Während Versuchspersonen mit großer Lesespanne nach subordinierten *und* dominanten Disambiguierungshinweisen mit einer vergrößerten N400-Komponente antworteten, traf dies bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne nur dann zu, wenn der Disambiguierungshinweis auf die dominante Bedeutung zielte (vgl. die Diskussion zu Frequenzeinflüssen in Abschnitt 8.4.3).

Experiment 3 lieferte somit *keine Evidenz* dafür, dass die Versuchspersonengruppen sich in ihrer Kontextsensibilität grundsätzlich unterscheiden.

### 8.4.3 Frequenzeinfluss

*Behavioral* lieferte Experiment 3 Anzeichen dafür, dass am Ende der ambigen Satzphase bei allen Versuchspersonen die dominante Lesart der ambigen Wörter stärker aktiviert war als die subordinierte. Ein subordinierter Hinweisreiz hatte über die Versuchspersonengruppe hinweg die Fehlerrate erhöht. Da dieser *Frequenz*-Effekt nicht mit den Faktoren *Umschalten* oder *Arbeitsgedächtnis* interagierte, konnte angenommen werden, dass das Aktivhalten der subordinierten Bedeutung allen Versuchspersonen schwerer gefallen war als das Aufrechterhalten der dominanten Lesart. Dies sprach dafür, dass die ambige Satzphase *von beiden Versuchspersonengruppen vergleichbar* umgesetzt wurde und keine arbeitsgedächtnisabhängigen Unterschiede in der Sensibilität für Frequenzinformationen vorlagen.

Auf der *Hinweisreiz*-Position bestätigten die *elektrophysiologischen* Ergebnisse für die gesamte Gruppe die behavioralen Befunde. Wie in Abbildung 8.2 (s. S. 109) dargestellt, erzeugten subordiniert relationierte Substantive eine größere N400-Komponente als dominante. Auch elektrophysiologisch zeigte sich also für alle Versuchspersonen, dass am Ende der ambigen Satzphase die dominante Bedeutung stärker aktiviert war als die subordinierte.

Die EKPs für die *Verbposition* offenbarten einen deutlichen *Arbeitsgedächtnis*-Effekt. Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten hier für Sätze mit Umschalten auf eine andere Bedeutung eine größere N400-Komponente als in Sätzen ohne Umschalten – unabhängig davon, ob der Hinweisreiz zuvor subordiniert oder dominant relationiert war. Versuchspersonen mit geringerer Lesespanne reagierten nach einem dominanten Hinweis ebenfalls mit einer stärkeren Negativerung. Nach einem subordinierten Disambiguierungshinweis hingegen evozierten in dieser Gruppe dominant und subordiniert relationierte Verben nahezu identische Potentialverläufe.

Bei einem *dominanten* Disambiguierungshinweis wiesen Frequenz- und Kontextinformation auf die gleiche Bedeutung. Die Umsetzung dieser Information bereitete *keiner Gruppe* Schwierigkeiten. Im Falle widersprüchlicher Information aus mentalem Lexikon und Satzkontext gelang nur den Versuchspersonen mit großer Lesespanne die Umsetzung des Kontexthinweises.

Der fehlende Umschalteffekt bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne konnte auf zwei Arten erklärt werden: so könnten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne generell schlechter in der Lage gewesen sein, Selektionsinformation umzusetzen, die die weniger frequente Bedeutung des ambigen Wortes betraf. Dies würde untermauern, dass geringere verbale Leistungen an ein Defizit beim Ausführen kognitiver Operationen im Arbeitsgedächtnis gebunden ist (Gernsbacher & Faust, 1991a,b; Miyake, Just & Carpenter, 1994). In Experiment 2 hatten allerdings gerade Versuchspersonen mit geringer Lesespanne einkommende Kontextinformation umgesetzt, nicht jedoch die mit großer Lesespanne. Dies sprach gegen ein generelles Defizit.

Eine andere Erklärung bot die Selektionsthese, die in der Diskussion der ersten beiden Experimente entwickelt worden war. Es war angenommen worden, dass die Information über die Frequenz der Bedeutungen eines ambigen Wortes in einem schnell abrufbaren Format im mentalen Lexikon gespeichert ist. Kontextinformation dagegen wurde als komplexe, sehr variable Information angesehen. Das unterschiedlich starke Einbeziehen von kontextueller und Frequenzinformation in die Selektion der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes könnte die Flexibilität der Selektionsprozesse beeinflussen. In diesem Fall müssten Versuchspersonen mit großer Lesespanne aufgrund ihrer Frequenz-

orientiertheit schneller selektieren können. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne könnten langsamer bei der Umsetzung von Disambiguierungshinweisen sein.

Sollten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne den subordinierten Disambiguierungshinweis nur nicht schnell genug umgesetzt haben, so sollte das Verzögern der endgültigen Disambiguierung dieses Flexibilitätsdefizit aufdecken können. In Experiment 4 wurde nach dem Substantiv ein neutraler Personennamenname eingefügt, um die Zeit bis zur Präsentation des disambiguierenden Verbs zu verlängern.

#### **8.4.4 Zusammenfassung**

Die Verarbeitung einer ambigen Satzphase von einer Sekunde konnte keine lesespannenabhängigen Unterschiede provozieren. Über die gesamte Versuchspersonengruppe zeigte sich zum Ende dieser Phase die dominante Bedeutung stärker aktiviert als die subordinierte.

Versuchspersonen mit großer Lesespanne setzten kontextuelle Selektionsinformation sofort und frequenzunabhängig um. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne dagegen hatten Schwierigkeiten, auf einen subordinierten Disambiguierungshinweis zu reagieren.



## **Kapitel 9**

# **Flexibilität von Selektionsprozessen: Experiment 4**

### **9.1 Einleitung**

In Experiment 3 hatten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne einen subordinierten Disambiguierungshinweis nicht umsetzen können. Dies konnte durch einen Mangel an Inhibition verursacht worden sein, wie es die Inhibitionstheorie (Gernsbacher & Faust, 1991a,b) prognostiziert hätte. Eine alternative Erklärung war über die Selektionsthese möglich: die Frequenz einer Wortbedeutung war als ein vergleichsweise statischer Wert angesehen worden, Kontext dagegen als variables, komplexes Gebilde lexikalischer und pragmatischer Informationen. Die stärkere Einbindung der komplexen Kontextinformation konnte die Selektionsprozesse der Versuchspersonen mit geringer Lesespanne vergleichsweise unflexibel ausfallen lassen. Da nur 500 ms zwischen der Präsentation von Disambiguierungshinweis und endgültiger Disambiguierung lagen, konnte es sein, dass der Kontexthinweis bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne nicht schnell genug umgesetzt wurde, um bereits mit dem Beginn des Verbs Wirkung erzielt zu haben.

Um diese Hypothese zu überprüfen, wurde Experiment 4 durchgeführt. In diesem Experiment wurde zwischen Disambiguierungshinweis und endgültiger Disambiguierung ein neutraler Personennamenname eingefügt, um den Versuchspersonen mit geringer Lesespanne mehr Zeit zur Umsetzung des Disambiguierungshinweises zu geben.

## 9.2 Methode

### 9.2.1 Versuchspersonen

Alle Versuchspersonen nahmen unter den für Experiment 1 (vgl. Abschnitt 6.2.2, S. 59) angeführten Kriterien teil. Keine Versuchsperson war an einem der vorhergehenden Experimente beteiligt.

An Experiment 4 nahmen 32 Versuchspersonen (14 männlich) im Alter von 19 bis 29 Jahren (Mittelwert: 23,5 Jahre) teil. Die durchschnittliche Lesespanne der 12 Versuchspersonen mit größerer Lesespanne betrug 5,4 bei Spannen zwischen 4,5 und 6. Die zweite Gruppe bildeten 12 Versuchspersonen mit Lesespannen zwischen 2 und 3,5 und einer durchschnittlichen Lesespanne von 2,9.

### 9.2.2 Stimuli

Die dargebotenen Sätze waren bis auf den semantisch neutralen Namen identisch zu denen in Experiment 3. Eine Liste gängiger deutscher Familiennamen wurden aus einem Telefonbuch zusammengestellt.

### 9.2.3 Design und Versuchsablauf

#### Design

Das Design entsprach bis auf den eingefügten Personennamen dem von Experiment 3 (vgl. S. 104). Die Satzvarianten sahen wie folgt aus:

Der **Ton** wurde vom...

- (→) **Sänger Meyer gesungen, als ...**  
dominanter Hinweis – dominante Disambiguierung (DD)
- (→) **Töpfer Meyer gebrannt, weil ...**  
subordinierter Hinweis – subordinierte Disambiguierung (SS)
- (→) **Sänger Meyer gebrannt, obwohl ...**  
dominanter Hinweis - subordinierte Disambiguierung (DS)
- (→) **Töpfer Meyer gesungen, während ...**  
subordinierter Hinweis – dominante Disambiguierung (SD)

#### Versuchsablauf

Der Ablauf von Experiment 4 war identisch zu dem von Experiment 3 (vgl. S. 104).

### 9.2.4 Datenerfassung und Datenanalyse

Die Aufzeichnung der EEGs erfolgte wiederum analog zu den vorhergehenden Experimenten (vgl. Beschreibung in Abschnitt 6.2.5, S. 64).

Die Datenanalyse erfolgte wie in Abschnitt 8.2.6, S. 106, für Experiment 3 beschrieben. Es mussten 5,5 % der Trials aufgrund von technischen oder Augenbewegungsartefakten ausgeschlossen werden.

## 9.3 Ergebnisse

### 9.3.1 Fehlerraten

**Alle Versuchspersonen.** Die Versuchspersonen beantworteten die nach jedem Satz folgende Verständnisfrage in 90 % der Fälle korrekt. Die ANOVA ergab wie in Experiment 3 einen *Umschalten*-Haupteffekt ( $F(1, 31) = 17.5, p > .0002$ ). Für Sätze, die kein Umschalten zwischen den Wortbedeutungen erforderten (DD und SS), wurden 92 % korrekte Antworten registriert, in Sätzen mit Bedeutungswechsel (DS und SD) nur 88 %.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Der Faktor *Arbeitsgedächtnis* rief weder einen Haupteffekt hervor, noch zeigten sich *Arbeitsgedächtnis*-Interaktionen.

Tabelle 9.1 fasst die Ergebnisse zusammen.

	<i>% korrekte Antworten ganze Gruppe</i>
alle Satzvarianten	90 %
ohne Umschalten	92 %
mit Umschalten	88 %

Tabelle 9.1: *Korrekte Antworten auf die Verständnisfrage im Anschluss an die Satzpräsentation in Experiment 4. Keine Unterschiede zwischen Versuchspersonen mit unterschiedlicher Lesespanne.*

### 9.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

#### Ende der ambigen Phase: Sänger / Töpfer

**Alle Versuchspersonen.** Die Ergebnisse für die Verarbeitung des Hinweisreizes entsprachen denen aus Experiment 3. Wieder zeigte sich über alle Versuchspersonen eine stärkere Negativierung für subordinierte verglichen mit dominanten Disambiguierungshinweisen. Die statistische Analyse bestätigte signifikante Verarbeitungsunterschiede für 13 der 25

Elektroden mit Konzentration auf fronto-zentrale Bereiche der Kopfoberfläche (vgl. Tabelle A.30).

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Bei 12 Versuchspersonen pro Gruppe zeigten sich statistisch wiederum Trends zu Interaktionen von *Frequenz* und *Lesespanne*. Diese erreichten jedoch wie in Experiment 3 auf keiner Elektrode Signifikanzniveau.

Die Stimuli von Experiment 4 waren einschließlich der Position des Disambiguierungshinweises identisch mit denen des dritten Experiments. Dies eröffnete die Möglichkeit, eine Analyse für die doppelte Anzahl von Versuchspersonen pro Gruppe mit den jeweiligen Versuchspersonengruppen von *Experiment 3* und *Experiment 4* zu rechnen.

**Analyse für die Substantivposition über die Experimente 3 & 4.** Mit dieser Analyse konnte auf zentralen und posterioren Elektroden eine signifikante *Lesespanne\*Frequenz*-Interaktion im Zeitfenster zwischen 300 und 500 ms nachgewiesen werden (vgl. Tabelle A.31). Die nachfolgende Gruppenanalyse belegt, was in Abbildung 9.1 dargestellt ist:

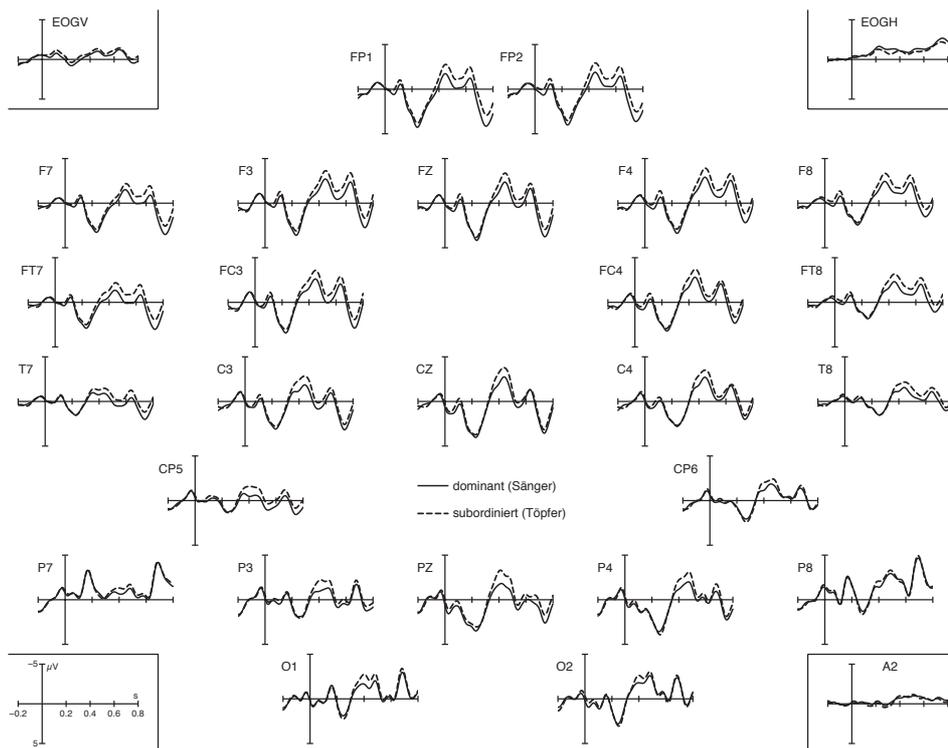


Abbildung 9.1: 24 Versuchspersonen mit großer Lesespanne aus den Experimenten 3 & 4. Signifikant stärkere Negativierungen folgen auf die Präsentation eines subordiniert relativen Hinweises (Töpfer) verglichen mit der eines dominanten (Sänger).

Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten zwischen 350 und 500 ms negativere Potentialverläufe für subordinierte als für dominant relatierte Disambiguierungshinweise (vgl. Tabelle A.32). ANOVAs bestätigten diese Unterschiede für alle Elektroden mit *Lesespanne\*Frequenz*-Interaktion bis auf O1. Für die Gruppe mit geringer Lesespanne zeigte sich mit Ausnahme von CZ zwischen 450 und 500 ms kein signifikanter Verarbeitungsunterschied für dominante und subordinierte Hinweisreize auf den weitergehend analysierten Elektroden (vgl. Abbildung 9.2).

### Endgültige Disambiguierung: gesungen/gebrannt

**Alle Versuchspersonen.** Verben, die ein Umschalten auf die jeweils andere Bedeutung des ambigen Wortes erforderten, erzeugten eine stärkere Negativierung als Verben ohne Umschaltanforderung (vgl. Abbildung 9.3). In den ANOVAs zeigten sich für diesen Vergleich auf 22 Elektroden über die gesamte Kopfoberfläche verteilt signifikant differie-

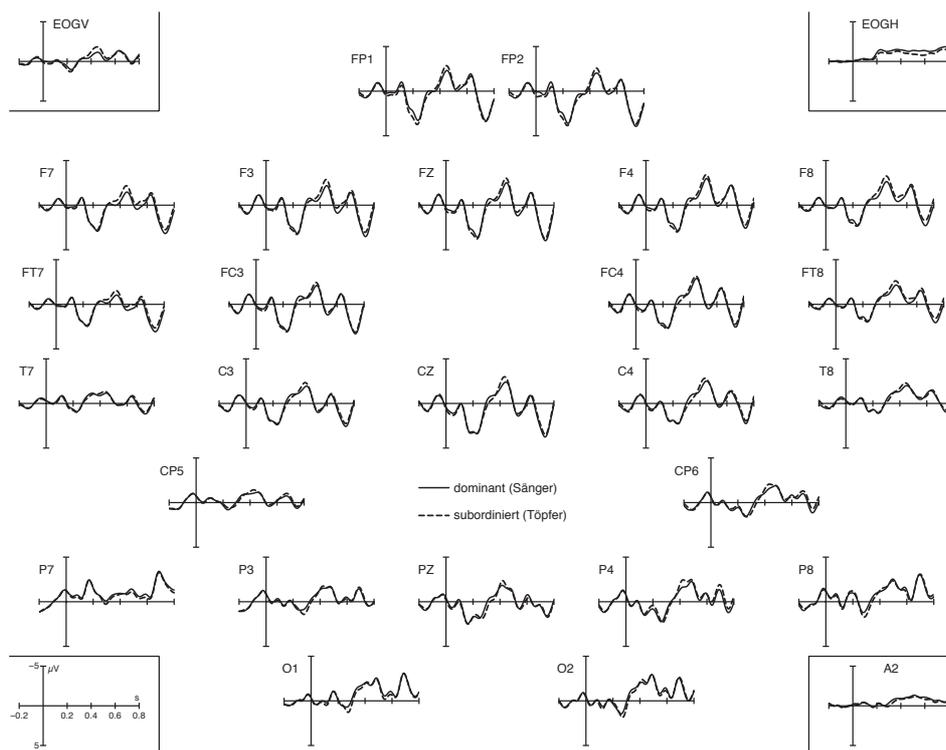


Abbildung 9.2: 24 Versuchspersonen mit geringerer Lesespanne aus den Experimenten 3 & 4. Keine Verarbeitungsunterschiede zwischen subordinierten (Töpfer) und dominanten (Sänger) Disambiguierungshinweisen.

rende Potentialverläufe zwischen 300 und 500 ms (vgl. Tabelle A.33). Somit konnten in Bezug auf die gesamte Versuchspersonengruppe auch für die Verbposition die Ergebnisse aus Experiment 3 repliziert werden. *Umschalten\*Frequenz*-Interaktionen, die in Experiment 3 Unterschiede in der Verarbeitung von subordiniert und dominant relativen Umschaltverben angezeigt hatten, wurden in Experiment 4 nur auf posterioren Elektroden registriert (vgl. Tabelle A.34). Die nachfolgende Analyse ergab vergrößerte N400-Komponenten auf allen analysierten Elektroden, wenn nach dominantem Hinweis auf ein subordiniert assoziiertes Verb umgeschaltet werden musste (vgl. Abbildung 9.4 auf S. 126 und Tabelle A.35). Ebenfalls in Replikation der Ergebnisse von Experiment 3 zeigten sich kürzere signifikante Zeitfenster auf einer geringeren Anzahl von Elektroden für den Umschalteffekt nach subordiniertem Disambiguierungshinweis (vgl. Abbildung 9.5 auf S. 127 und Tabelle A.36).

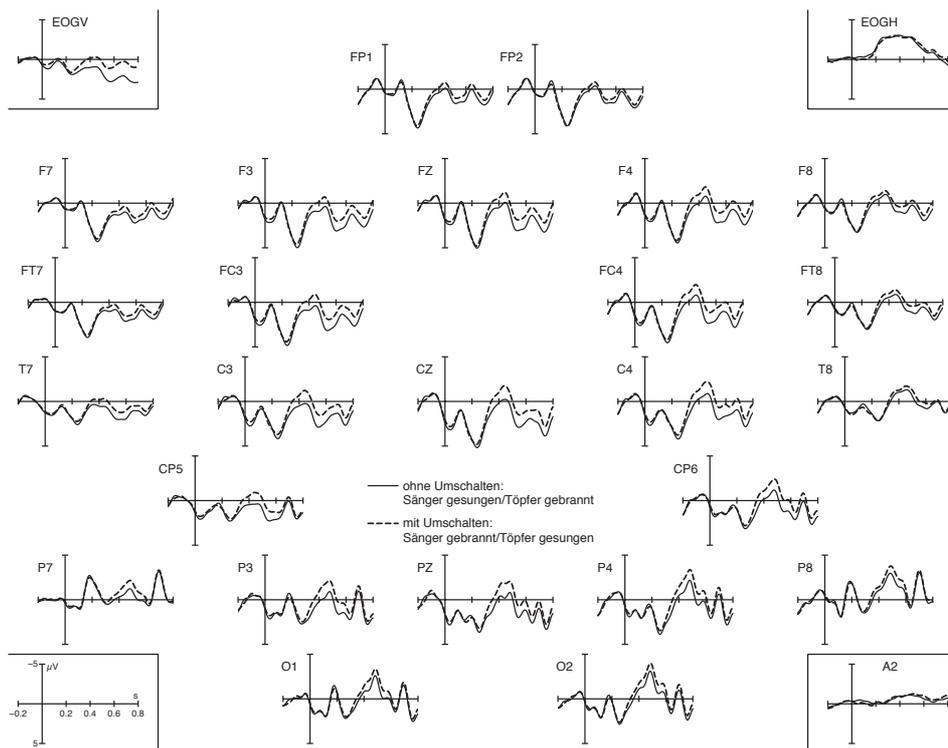


Abbildung 9.3: EKGs für alle Versuchspersonen bei der Verarbeitung des Verbs in Experiment 4. Dargestellt sind die Potentialverläufe für Verben, die kein Umschalten erforderten im Gegensatz zu solchen, bei denen ein Wechsel auf die komplementäre Bedeutung notwendig wurde.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Wie in Experiment 3 zeigten Interaktionen von *Arbeitsgedächtnis\*Umschalten\*Frequenz* an, dass die Frequenzeinflüsse beim Umschalten auf der Verbposition in den Versuchspersonengruppen in unterschiedlicher Weise zum Tragen gekommen waren. Die Interaktionen traten – vergleichbar zu den *Umschalten\*Frequenz*-Interaktionen für die gesamte Gruppe – vor allem auf links zentral-posterior lokalisierbaren Elektroden auf (T7, C3, CP5, P7, P3, vgl. Tabelle A.37). Die gruppeninterne Analyse ergab für Versuchspersonen mit geringerer Lesespanne einen *Umschalten*-Haupteffekt auf allen nachfolgend analysierten Elektroden (vgl. Tabelle A.38). Sie zeigten aber keine Interaktionen mit *Frequenz*, wie sie in Experiment 3 gefunden worden waren.

Auch die Versuchspersonen mit großer Lesespanne reagierten anders als in Experiment 3, wenn der Zeitraum zwischen Hinweis und endgültiger Disambiguierung vergrößert war. In Experiment 4 zeigten sie neben *Umschalten*-Haupteffekten auf allen weitergehend analysierten Elektroden auch *Umschalten\*Frequenz*-Interaktionen (vgl. die Tabellen A.39 und A.40). Wie die nachfolgende Analyse erwies, evozierte bei ihnen der Wechsel auf ein subordiniertes Verb zwischen 350 und 500 ms auf allen weitergehend analysierten Elektroden (T7, C3, CP5, P7 und P3) signifikant negativere Potentialverläufe als das Verbleiben auf der dominanten Bedeutung (vgl. Abbildung 9.6). Ein subordinierter Disambiguierungshinweis jedoch führte auf keiner der analysierten Elektroden zu signifikant verschiedenen Potentialverläufen für subordinierte und dominante Verben (vgl. Abbildung 9.7).

### 9.3.3 Zusammenfassung

*Behavioral* zeigte sich ein *Umschalten*-Effekt über die gesamte Gruppe. *Elektrophysiologisch* offenbarte die Analyse mit der doppelten Anzahl von Versuchspersonen für die Position des Disambiguierungshinweises Unterschiede zwischen den Versuchspersonengruppen. Während Versuchspersonen mit *geringer Lesespanne* zum Ende der ambigen Satzphase *gleiche Potentialverläufe* für subordinierte und dominante Disambiguierungshinweise auswiesen, zeigten Versuchspersonen mit *großer Lesespanne* eine deutlich *größere N400-Komponente* für die subordiniert relatierten Substantive.

Auch auf der Verbposition gab es lesespannenabhängige Unterschiede in den EKPs. In einer Spiegelung des Befunds von Experiment 3 zeigten Versuchspersonen mit *geringer Lesespanne* *gleiche Potentialverläufe* für Sätze, in denen beide Bedeutungen ambiger Wörter relevant wurden (DS und SD). Versuchspersonen mit *großer Lesespanne* dagegen zeigten für das Umschalten von dominant nach subordiniert eine *größere N400-Komponente* als für den Wechsel von subordiniert auf dominant.

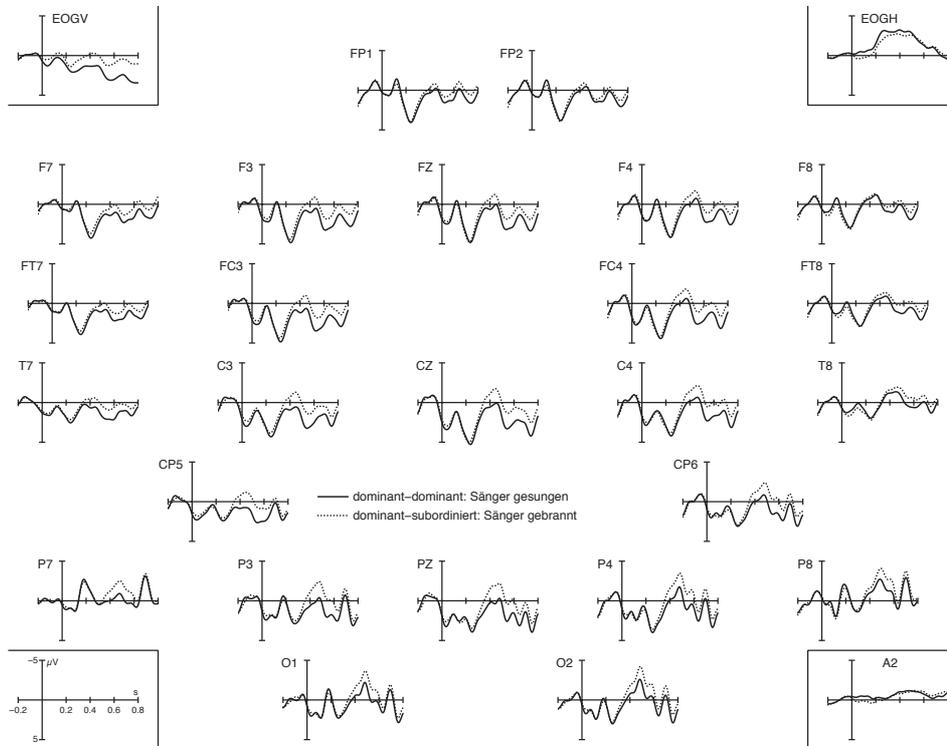


Abbildung 9.4: EKGs für alle Versuchspersonen für dominant und subordiniert assoziierte Verben nach dominantem Hinweisreiz in Experiment 4.

## 9.4 Diskussion

### 9.4.1 Frequenz, Kontext & Selektion

Auf der Basis der Ergebnisse der ersten Experimente war eine *Selektionsthese* entwickelt worden, nach der sich die Versuchspersonengruppen durch Unterschiede in der Wichtung kontextueller und Frequenzfaktoren bei der Selektion der relevanten Bedeutung ambiger Wörter unterscheiden könnten. Die Ergebnisse der Experimente 2, 3 & 4 untermauerten diesen Ansatz: in Experiment 2 reagierten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne sofort auf Kontexteinflüsse und inhibierten die dominante Bedeutung der ambigen Wörter. In Experiment 3 & 4 aber, angesichts ausbleibender kontextueller Disambiguierungsinformation, hielten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne beide Bedeutungen aktiviert.

Die Versuchspersonen mit großer Lesespanne reagierten fast spiegelbildlich. Trotz kontextueller Hinweise auf die subordinierte Bedeutung hatten sie innerhalb des Kompositums die irrelevante dominante Bedeutung nicht deaktiviert. Ausbleibende kontextuelle

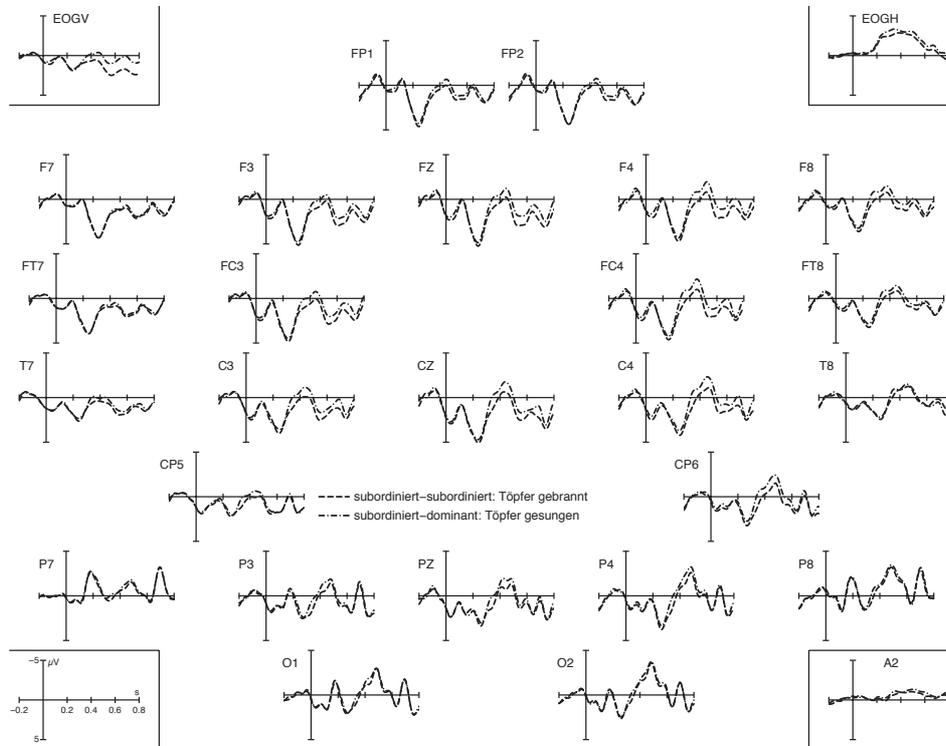


Abbildung 9.5: EKGs für alle Versuchspersonen für dominant und subordiniert assoziierte Verben nach subordiniertem Hinweisreiz in Experiment 4.

Disambiguierung wie in den Experimenten 3 & 4 aber beförderte eine Inhibition der weniger frequenten Bedeutung. Die Daten untermauerten die Annahme, dass Frequenz und Kontext für die Bedeutungsselektion eine entscheidende Rolle spielen und von den Versuchspersonen unterschiedlich in die Selektionsprozesse für ambige Wörter einbezogen wurden.

### 9.4.2 Flexibilität bei Kontexteinflüssen

Die *elektrophysiologischen* Daten belegten wie in Experiment 3 Unterschiede bei der Verarbeitung kontextueller Disambiguierungshinweise. Mit etwas mehr Zeit zwischen Hinweisreiz und disambiguierendem Verb gelang auch Versuchspersonen mit geringer Lesespanne die Inhibition der dominanten Bedeutung. Dies sprach für die im Rahmen des Selektionsansatzes aufgestellte Vermutung, dass der Selektionsprozess bei geringer Lesespanne langsamer abließ, wenn Kontext- und Frequenzinformation nicht übereinstimmten.

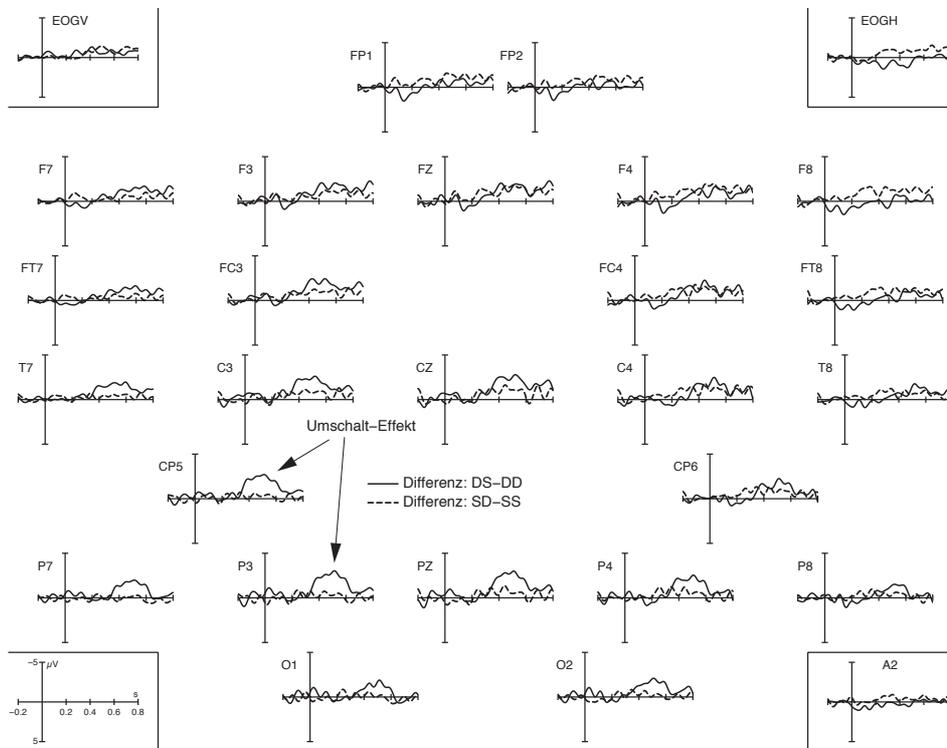


Abbildung 9.6: Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten Umschalten\*Frequenz-Interaktionen. Die Grafik zeigt die Differenz-Kurven für das Umschalten von subordinator nach dominant gegen den Wechsel von dominant nach subordinator. Wie bei den Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Experiment 3 führte ein subordinierter Hinweis nicht zu einer Inhibition der dominanten Bedeutung.

Interessanterweise zeigten Versuchspersonen mit großer Lesespanne trotz eines subordinierten Disambiguierungshinweises eine aktive dominante Bedeutung des ambigen Wortes. Nachdem Experiment 3 gezeigt hatte, dass direkt nach einem subordinierten Disambiguierungshinweis keine Aktivierung für die dominante Bedeutung mehr vorgelegen hatte, mussten Versuchspersonen mit großer Lesespanne nach der Verarbeitung eines subordinierten Disambiguierungshinweises wieder zur dominanten Bedeutung zurückgekehrt sein. Dies musste als Zeichen für einen wieder zunehmenden Einfluss der Frequenzinformation gewertet werden.

Übereinstimmend zeigten sich Versuchspersonen mit großer Lesespanne sehr flexibel im Umgang mit disambiguierender Information. Auf der Substantivposition hatte sich gezeigt, dass in dieser Gruppe während der ambigen Phase ein Aktivationsabfall für die

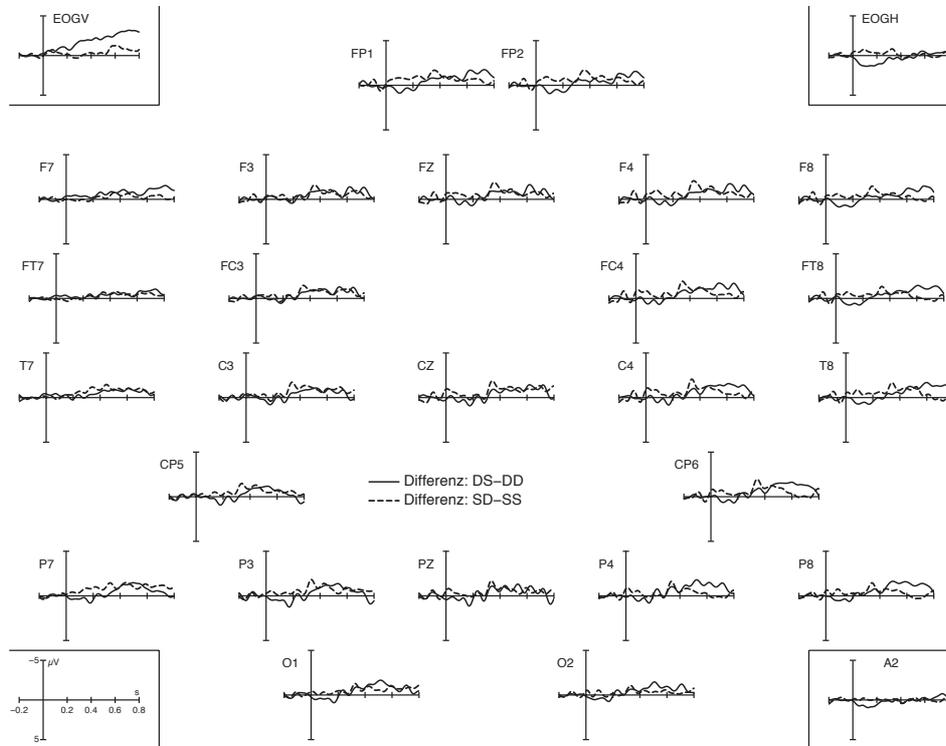


Abbildung 9.7: Versuchspersonen mit kleinerer Lesespanne zeigten in Experiment 4 keine Interaktionen. Die Grafik zeigt, dass die Differenz-Kurven für das Umschalten von subordinator nach dominant gegen den Wechsel von dominant nach subordinator kaum Unterschiede in der N400-Region aufweisen. Der Selektionsprozess konnte demnach mit etwas mehr Zeit vollendet werden.

subordinierte Bedeutung zu verzeichnen gewesen war. Trotzdem war bereits 500 ms nach der Präsentation eines subordinierten Disambiguierungshinweises die subordinierte Bedeutung wieder aktiviert und die dominante inhibiert, wie Experiment 3 gezeigt hatte. Auf die schnelle Auswirkung eines kontextuellen Hinweises folgte dann jedoch eine erneute Zunahme des Frequenzeinflusses, wie Experiment 4 zeigte. Damit lieferte Experiment 4 weitere Evidenz für einen sehr flexiblen Mechanismus zur Berechnung von Selektionsentscheidungen bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne.

### 9.4.3 Inhibitions- und Aktivierungstheorie

Die Beobachtungen für das Ende der ambigen Satzphase sprachen dafür, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne die weniger frequente Bedeutung der ambigen Wörter nicht mehr aktiviert hatten. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten für beide

Bedeutungen des ambigen Wortes Aktivierung. Dieses Ergebnis widerlegte die *Aktivierungshypothese* (Miyake, Just & Carpenter, 1994). Gerade diejenigen Versuchspersonen, die über größere Ressourcen zum Aktivhalten der Bedeutungen ambiger Wörter verfügen sollten, hatten eine Bedeutung deaktiviert. In Tabelle 9.2 sind noch einmal die Hypothesen entsprechend Aktivierungstheorie- und Inhibitionstheorie bzw. Selektionstheorie und die EKP-Befunde für die beiden Versuchspersonengruppen zusammengestellt.

Der Ton wurde vom ...		Hypothesen		EKPs
		Aktivierung	Inhibition/ Selektion	
große Lesespanne	<b>Sänger</b> (dominant)	aktiv	aktiv	aktiv
	<b>Töpfer</b> (subordiniert)	aktiv	nicht aktiv	nicht aktiv
kleine Lesespanne	<b>Sänger</b> (dominant)	aktiv	aktiv	aktiv
	<b>Töpfer</b> (subordiniert)	nicht aktiv	aktiv	aktiv

Tabelle 9.2: Die für Inhibitionstheorie und Selektionstheorie erstellte Prognose für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne wurde durch die EKPs in der gemeinsamen Analyse über die Experimente 3 & 4 bestätigt.

Nachdem sich in Experiment 2 bereits die Inhibitionstheorie als nicht adäquat herausgestellt hatte, weil Versuchspersonen mit geringer Lesespanne und nicht diejenigen mit großer die irrelevante Information inhibiert hatten, konnte nunmehr auch die Aktivierungstheorie nicht bestätigt werden.

Allerdings war Inhibition als Mechanismus durchaus beobachtet worden, als Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Experiment 2 die dominante Bedeutung der ambigen Wörter noch während der Kompositumverarbeitung deaktivierten. Nur die Assoziation von besseren inhibitorischen Fähigkeiten mit einer großen Lesespanne ließ sich nicht belegen.

Die unterschiedlichen EKPs bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne zum Ende der ambigen Phase konnten ebenfalls als Bestätigung inhibitorischer Prozesse interpretiert werden. Wie auf Abbildung 9.8 für die CZ-Elektrode exemplarisch abgebildet ist, zeigte sich in den Experimenten 3 & 4 bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne die Negativierung für ein subordiniert relatives Substantiv deutlich größer als die für ein dominant relatives. Die Potentialverläufe bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne waren dagegen nicht nur untereinander nahezu identisch, sie zeigten darüberhinaus einen großen Grad an Übereinstimmung mit dem EKP, dass der dominante Disambiguierungshinweis bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne evoziert hatte.

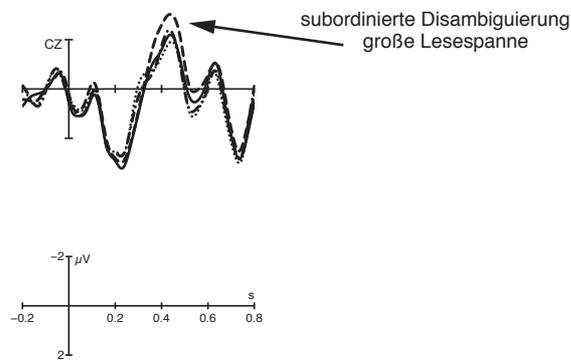


Abbildung 9.8: In der Gruppe mit großer Lesespanne rief ein subordinierter Disambiguierungshinweis eine deutlich stärkere Negativierung hervor als ein dominanter. Für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne wurde für beide Bedeutungen eine reduzierte Negativierung registriert.

Im Rahmen der *Inhibitionstheorie* (Gernsbacher & Faust, 1991a,b) würde interpretiert werden, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne die subordinierte Bedeutung des ambigen Wortes aufgrund deren geringer Frequenz inhibiert haben könnten.

Es wäre jedoch ebenso möglich, das Ergebnis als Zeichen einer Strategie des Aktivhaltens bei den Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zu interpretieren. Aus der Perspektive der Selektionshypothese wäre dies die naheliegendere Annahme. Wenn Selektionsprozesse bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne eher kontextgeleitet erfolgen, wäre ein Mechanismus zum Aktivhalten *beider* Bedeutungen für solche Fälle plausibel, in denen kein Kontext zur Verfügung steht.

#### 9.4.4 Zusammenfassung

Mit Experiment 4 konnten verschiedene Mechanismen zur Bewältigung einer ambigen Satzphase nachgewiesen werden. Während Versuchspersonen mit großer Lesespanne einen Aktivationsabfall für die subordinierte Bedeutung ambiger Wörter zeigten, waren bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zum Ende der ambigen Phase beide Bedeutungen aktiviert. Somit konnte die *Aktivierungstheorie* (Miyake, Just & Carpenter, 1994) nicht bestätigt werden.

Mit der frequenzgeleiteten Selektion während der ambigen Satzphase bei großer Lesespanne und mit dem Nachweis, dass Versuchspersonen mit geringer Lesespanne über weniger flexible Mechanismen zur Umsetzung von Disambiguierungsinformation verfügten, konnten weitere Belege zur Untermauerung der Selektionsthese beigebracht werden.



## **Kapitel 10**

# **Frequenz, Kontext und Selektion: Experiment 5**

### **10.1 Einleitung**

Bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne war in den Experimenten 3 und 4 bei ausbleibender Disambiguierungsinformation nur die dominante Bedeutung der ambigen Wörter aktiviert geblieben. Bei geringer Lesespanne dagegen war vergleichbare Aktivierung für beide Bedeutungen registriert worden. Dieses Ergebnismuster war sowohl mit der Inhibitionstheorie als auch anhand der Selektionsthese prognostiziert worden. Mit der Inhibitionstheorie wäre der Befund als Ergebnis der eingeschränkten inhibitorischen Fähigkeiten der Versuchspersonen mit geringer Lesespanne einzuordnen. Eine Erklärung aus der Selektionsperspektive würde dagegen den Grund für die anhaltende Aktivierung beider Bedeutungen in der Gruppe mit geringerer Lesespanne darin sehen, dass eine Bedeutungsselektion wegen des neutralen Kontextes nicht möglich war.

Experiment 5 wurde durchgeführt, um Selektionsthese und Inhibitionstheorie gegeneinander zu testen. Wenn ein Mangel an inhibitorischen Fähigkeiten der Grund für die ausbleibende Deaktivierung der subordinierten Bedeutung war, sollte eine Verlängerung der ambigen Satzphase auch für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne die Inhibition der weniger frequenten Bedeutung ermöglichen. Für den Fall, dass das Aktivhalten beider Bedeutungen jedoch eine Auswirkung ausbleibender Selektionsinformation war, sollte auch eine Verlängerung der ambigen Satzphase nicht zu einem Aktivationsunterschied zwischen subordinierter und dominanter Bedeutung ambiger Wörter führen. Um diese Annahme zu überprüfen, wurde das fünfte Experiment durchgeführt. In diesem Experiment wurde die ambige Satzphase auf das dreifache verlängert.

## 10.2 Methode

### 10.2.1 Versuchspersonen

Alle Versuchspersonen nahmen unter den für Experiment 1 (vgl. Abschnitt 6.2.2, S. 59) angeführten Kriterien teil. Keine Versuchsperson war an einem der vorhergehenden Experimente beteiligt.

29 Versuchspersonen (12 männlich) im Alter von 19 bis 29 Jahren (Mittelwert: 23,4 Jahre) nahmen an diesem Experiment teil. Die Gruppe mit größerer Lesespanne bestand aus 12 Versuchspersonen mit Lesespannen zwischen 5 und 6 (mittlere Lesespanne: 5,5). Mit Lesespannen zwischen 2 und 3 (Mittelwert: 2,8) bildeten ebenfalls 12 Versuchspersonen die Gruppe mit geringer Lesespanne.

### 10.2.2 Stimuli

Die dargebotenen Sätze waren bis auf die semantisch neutralen Phrasen identisch zu denen in Experiment 3. Die Phrasen waren syntaktisch identisch aufgebaut und wurden so zusammengestellt, dass keines der Wörter in der Phrase als Disambiguierungshinweis interpretierbar war.

### 10.2.3 Design und Versuchsablauf

#### Design

Das Grunddesign entsprach dem von Experiment 3 (vgl. S. 104). Die Variation bestand im Einfügen einer semantisch neutralen Phrase nach dem Auxiliar. Diese war in allen vier Bedingungen eines Satzes gleich. Damit wurde der Teil des Satzes, der keine kontextuellen Hinweise auf die relevante Bedeutungen des ambigen Wortes enthielt, von zwei auf sechs Wörter, mithin von einer auf drei Sekunden ausgedehnt. Die Satzvarianten sahen wie folgt aus:

Der **Ton** wurde, **als die Sonne schien**, vom...

- (→) **Sänger gesungen**, als ...  
dominanter Hinweis – dominante Disambiguierung (DD)
- (→) **Töpfer gebrannt**, weil ...  
subordinierter Hinweis – subordinierte Disambiguierung (SS)
- (→) **Sänger gebrannt**, obwohl ...  
dominanter Hinweis - subordinierte Disambiguierung (DS)
- (→) **Töpfer gesungen**, während ...  
subordinierter Hinweis – dominante Disambiguierung (SD)

### Versuchsablauf

Der Ablauf von Experiment 5 war identisch zu dem von Experiment 3 (vgl. S. 104).

### 10.2.4 Datenerfassung und Datenanalyse

Die Aufzeichnung der EEGs erfolgte wiederum analog zu den vorhergehenden Experimenten (vgl. Beschreibung in Abschnitt 6.2.5, S. 64).

Die Datenanalyse erfolgte wie bereits in Abschnitt 8.2.6, S. 106, für Experiment 3 beschrieben. Es mussten 9,4 % der Trials aufgrund von technischen oder Augenbewegungsartefakten ausgeschlossen werden.

## 10.3 Ergebnisse

### 10.3.1 Fehlerraten

**Alle Versuchspersonen.** 93 % der Verständnisfragen nach Ende des Satzes wurden korrekt beantwortet. Ein *Umschalten*-Haupteffekt ( $F(1,28)=35.55, p > .00001$ ) reflektierte, dass in Sätzen mit übereinstimmender Disambiguierungsinformation mit 95 % öfter korrekt geantwortet wurde, als in Sätzen, die widersprüchliche kontextuelle Disambiguierungen lieferten. Hier betrug die Anzahl der korrekten Antworten nur noch 91 %. Eine *Umschalten\*Frequenz*-Interaktion ( $F(1,28)=5.63, p > .025$ ) zeigte an, dass den Versuchspersonen insgesamt das Umschalten von dominant nach subordiniert schwerer fiel als der Wechsel von subordiniert auf dominant. Während der Wechsel auf subordiniert nur noch für 90 % der Sätze zu einer korrekten Antwort führte, ließ das Umschalten von subordiniert auf dominant 92 % korrekte Antworten zu. Die Sätze, in denen kein Umschalten erforderlich war, zeigten keine Frequenzeffekte.

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Die ANOVA ergab einen *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekt ( $F(1,22)=7.09, p < .014$ ). Die weitere Analyse zeigte, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne nur halb so viele Fehler gemacht hatten wie Versuchspersonen mit geringerer Spanne. Während letztere eine insgesamt 9%ige Fehlerrate aufwiesen, gaben Versuchspersonen mit großer Lesespanne nur in 5 % der Fälle eine verkehrte Antwort auf die Verständnisfrage. Eine signifikante Interaktion von *Arbeitsgedächtnis\*Umschalten* ( $F(1,22)=5.06, p < .035$ ) zeigte an, dass das Antwortverhalten der Versuchspersonen mit geringer Lesespanne größere Unterschiede in Bezug auf Sätze mit bzw. ohne Umschalten aufwies als das von Versuchspersonen mit besserer verbaler Arbeitsgedächtnisleistung. So wurde bei großer Lesespanne nach Sätzen ohne Bedeutungswechsel zu 96 % korrekt auf die Verständnisfrage reagiert, nach Sätzen mit Bedeutungswechsel zu 94 %. Im Ver-

gleich dazu fiel der Unterschied zwischen den beiden Bedingungen bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne recht groß aus: sie reagierten nach Bedeutungswechsellanforderungen nur zu 88 % korrekt, nach Sätzen ohne Bedeutungsumschalten zu 94 %. Eine Übersicht der Ergebnisse ist in Tabelle 10.1 zusammengestellt.

	% korrekte Antworten		
	ganze Gruppe	große Lesespanne	geringe Lesespanne
alle Satzvarianten	93 %	95 %	91 %
ohne Umschalten	95 %	96 %	94 %
mit Umschalten	91 %	94 %	88 %
davon SD	92 %		
davon DS	90 %		

Tabelle 10.1: Korrekte Antworten auf die Verständnisfrage im Anschluss an die Satzpräsentation in Experiment 5. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne antworteten weniger oft korrekt als Versuchspersonen mit großer Lesespanne. Umschalteffekte in beiden Gruppen.

### 10.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

#### Ende der ambigen Phase: Sänger/Töpfer

**Alle Versuchspersonen.** Die Ergebnisse aus den Experimenten 3 & 4 wurden repliziert. Über die gesamte Versuchspersonengruppe erzeugte ein subordinierter Disambiguierungshinweis zwischen 350 und 500 ms größere Negativierungen als ein dominanter (vgl. Abbildung 10.1). In der statistischen Analyse zeigten sich auf 17 Elektroden signifikante Effekte mit einer Konzentration auf fronto-zentrale Elektroden (nicht signifikant wurden FT8, T7, CP6, P7, P4, P8, O1 und O2, vgl. Tabelle A.41).

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Die ANOVAs unter Einbeziehung des Faktors *Arbeitsgedächtnis* ergaben bereits mit 12 Versuchspersonen pro Gruppe signifikante *Arbeitsgedächtnis\*Frequenz*-Interaktionen auf CP6, P4, O1 und O2 (vgl. Tabelle A.42). Im geplanten Vergleich zeigten sich für Versuchspersonen mit großer Lesespanne signifikante Effekte auf 17 von 25 Elektroden auf fronto-zentralen ebenso wie zentral-posterioren Bereichen der Kopfoberfläche (vgl. Tabelle A.43). Wie in Abbildung 10.4 dargestellt, zeigten die Versuchspersonen mit großer Lesespanne hier eine stärkere Negativierung für subordonierte im Vergleich zu dominanten Disambiguierungshinweisen.

Dagegen wiesen Versuchspersonen mit geringer Lesespanne annähernd identische EKPs für subordinierte und dominante Hinweisreize auf (vgl. Abbildung 10.3). Nur auf F7, FT7, FC3, C3 und CP5 im links anterior-temporalen Bereich trat eine stärkere Nega-

tivierung für subordonierte im Vergleich zu dominanten Disambiguierungshinweisen auf. Auf allen anderen Elektroden zeigten die Potentialverläufe für dominante und subordonierte Disambiguierungshinweise keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tabelle A.44).

### Endgültige Disambiguierung: gesungen / gebrannt

**Alle Versuchspersonen.** Die ANOVAs für die Verbposition ergaben für alle Elektroden *Umschalten*-Haupteffekte, die um 350 ms nach Präsentation des Verbs einsetzten und bis zum Ende des untersuchten Zeitfensters andauerten (vgl. Tabelle A.45). Auf zentralen und posterioren Elektroden konnten wie in Experiment 3 *Umschalten*\**Frequenz*-Interaktionen festgestellt werden (F8, FC4, CZ, C4, CP5, C6, P7, P3, PZ, P4, P8, O1 und O2, vgl. Tabelle A.46). Die Verarbeitungsunterschiede zwischen dominant und subordiniert relatierten Verben fielen ebenfalls wie in Experiment 3 nach einem subordinierten Disambiguierungshinweis geringer aus als nach einem dominanten (vgl. Abbildung 10.2).

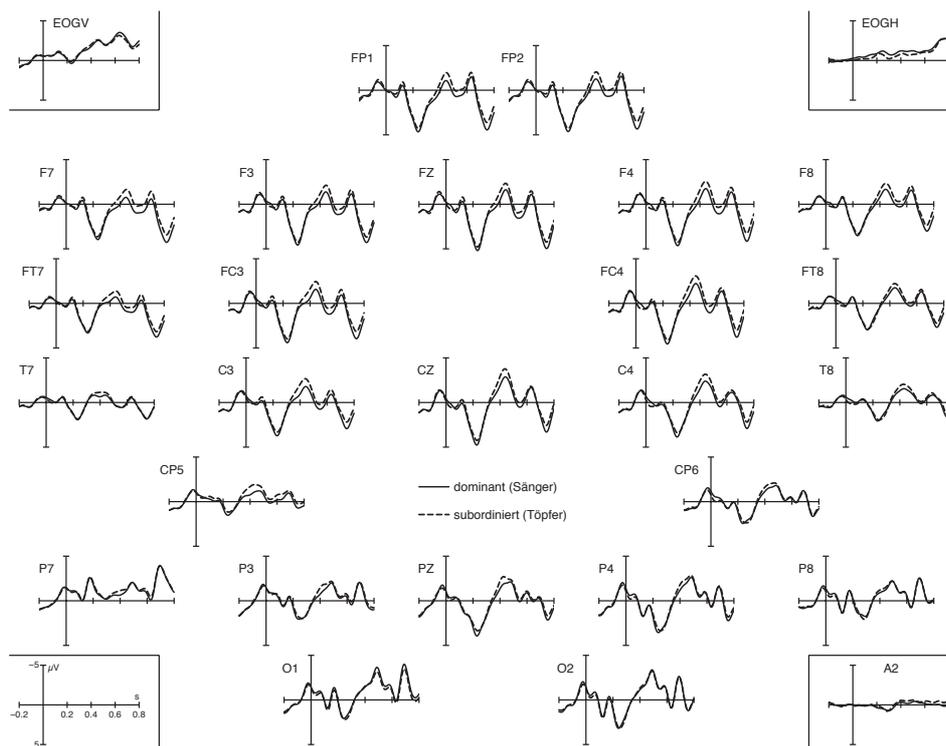


Abbildung 10.1: EKGs für alle Versuchspersonen für die Verarbeitung des Disambiguierungshinweises in Experiment 5. Replikation der Daten aus Experiment 3 & 4.

Nach dominantem Hinweis konnten für alle Elektroden mit *Umschalten\*Frequenz*-Interaktion signifikante Umschalteffekte von meist 250 ms Länge, beginnend um 350 ms nach Verbpräsentation ermittelt werden. Auch nach subordiniertem Hinweis zeigten sich N400-Effekte. Diese setzten jedoch erst bei 400 ms ein und fielen mit 150 ms Dauer auch kürzer aus (vgl. Tabelle A.47 und A.48).

**Arbeitsgedächtnis-Gruppen.** Die ANOVAs unter Einbeziehung des Faktors *Arbeitsgedächtnis* zeigten für keine Elektrode Haupteffekte oder Interaktionen.

### 10.3.3 Zusammenfassung

*Behavioral* zeigten alle Versuchspersonen bei der Beantwortung der Verständnisfrage mehr Schwierigkeiten mit Sätzen, in denen widersprüchliche kontextuelle Disambiguierungsinformation angeboten wurde. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne beantworteten die Verständnisfrage allerdings doppelt so oft verkehrt wie Versuchspersonen

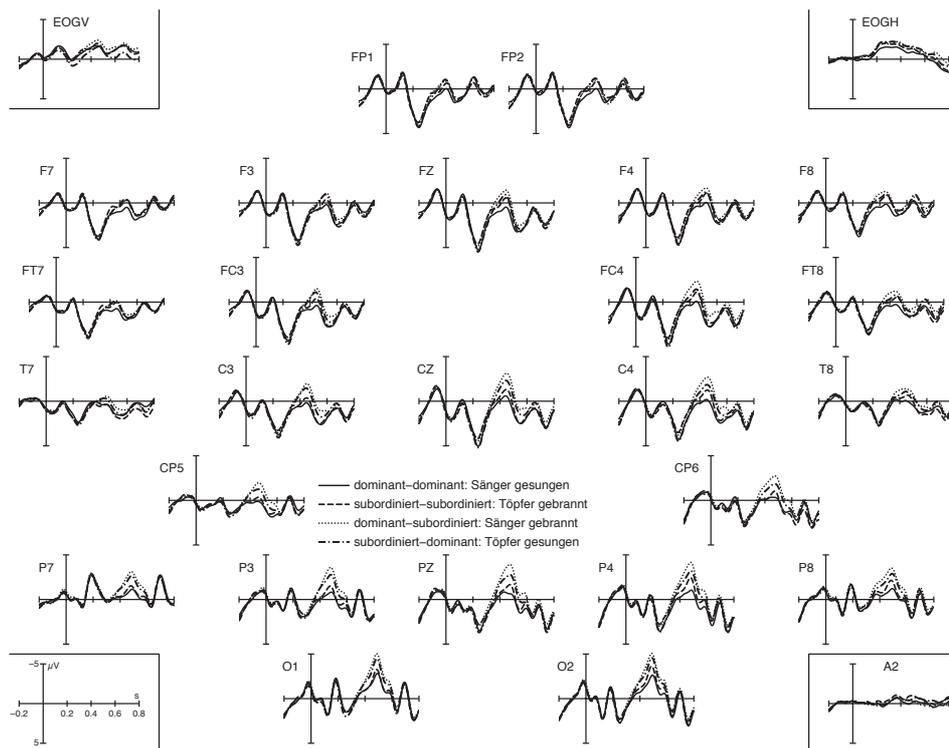


Abbildung 10.2: EKGs über alle Versuchspersonen bei der Verarbeitung des Verbs in Experiment 5. Dargestellt sind alle vier Satztypen. Umschalten-Haupteffekte auf allen Elektroden. Umschalten\*Frequenz-Interaktionen auf zentral-posterioren Elektroden.

mit großer Lesespanne. Darüber hinaus zeigte sich für die gesamte Gruppe, dass das Umschalten auf die subordinierte Bedeutung mehr Probleme bereitet hatte als die Umorientierung auf die dominante Lesart.

*Elektrophysiologisch* zeigten sich zum Ende der ambigen Phase bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne wiederum kaum Unterschiede in der Verarbeitung von subordinierten und dominanten Hinweisen. Versuchspersonen mit großer Lesespanne dagegen evozierten eine signifikant größere N400-Komponente für subordiniert relationierte Wörter.

Auf der Verbposition gab es keine Unterschiede zwischen den Versuchspersonengruppen. Widersprüchliche Disambiguierungsinformationen erzeugten größere Negativierungen, und es zeigte sich außerdem für die ganze Gruppe, dass das Umschalten von dominant auf subordiniert eine größere N400-Komponente evozierte als der Wechsel von subordiniert auf dominant.

## 10.4 Diskussion

*Behavioral* sprachen die Fehlerraten dafür, dass die verlängerte ambige Satzphase eine frequenzgeleitete Selektion der dominanten Bedeutung in der gesamten Versuchspersonengruppe befördert hatte bzw. dass die erhöhte Belastung des Arbeitsgedächtnisses die unterschiedliche Aktivierung von subordinierter und dominanter Bedeutung besser erfassbar gemacht hatte.

Für die ganze Versuchspersonengruppe zeigte sich außerdem ein behavioraler Frequenzeffekt für Sätze mit widersprüchlicher Disambiguierungsinformation. Beim Satzverstehen bereitete danach allen Versuchspersonen das Umschalten von dominant auf subordiniert größere Schwierigkeiten als der Wechsel von subordiniert nach dominant. Dies war ebenfalls Evidenz für eine weniger aktivierte subordinierte Bedeutung. Die elektrophysiologischen Beobachtungen konnten diese Annahme weiter untermauern.

*Elektrophysiologisch* wurden für das Ende der ambigen Phase die Ergebnisse der Experimente 3 & 4 repliziert. Auch drei Sekunden nach der Präsentation des ambigen Wortes zeigten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne kaum Unterschiede beim Verarbeiten beider Bedeutungen eines ambigen Wortes (vgl. Abbildung 10.3). Ein für 50 bis 100 ms auf links-anterioren Elektroden auftretender N300-Effekt konnte allerdings als Anzeichen einer beginnenden Abnahme lexikaler Aktivierung der subordinierten Bedeutung interpretiert werden. Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigten dagegen mit einer über den gesamten Kopf verstärkten N400-Komponente eine deutlich geringere Aktivierung der subordinierten Bedeutung im Vergleich zur dominanten (vgl. Abbildung 10.4).

Die Replikation der Ergebnisse der Experimente 3 & 4 sprach dagegen, dass die interindividuellen Unterschiede am Ende der ambigen Phase ein Resultat der weniger guten

Inhibitionsmechanismen bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne waren. Wenn die Gruppen sich einzig durch ihre inhibitorischen Fähigkeiten unterschieden hätten, sollte mehr Zeit die Inhibition der subordinierten Bedeutung in beiden Gruppen ermöglicht haben. Die Unterschiede zwischen Versuchspersonen unterschiedlicher Lesespanne waren jedoch sogar deutlicher geworden. So zeigten sich nach der 3-sekündigen ambigen Phase bereits mit 12 Versuchspersonen pro Gruppe Gruppeneffekte. Nach der 1-sekündigen Phase waren Verarbeitungsunterschiede erst mit 24 Versuchspersonen pro Gruppe nachweisbar geworden.

Dieser Befund zeigt, dass die Versuchspersonengruppen mit unterschiedlichen Strategien auf eine lexikalisch ambige Phase reagierten. Während Versuchspersonen mit großer Lesespanne eine frequenzgesteuerte Selektion der dominanten Bedeutung vornahmen, hielten Versuchspersonen mit geringer Lesespanne beide Bedeutungen des ambigen Wor-

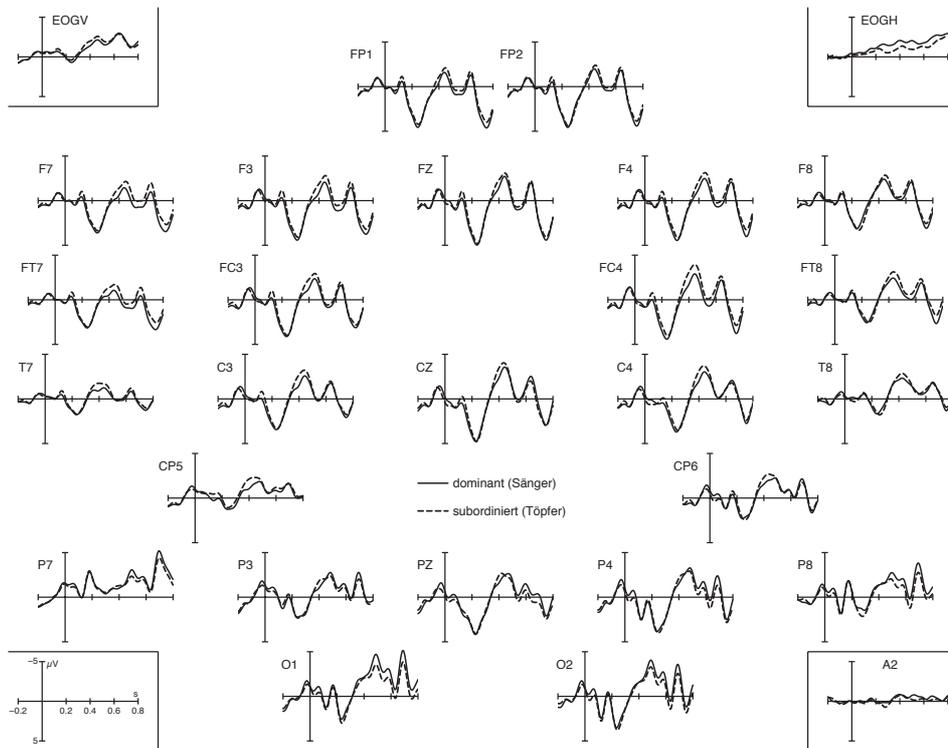


Abbildung 10.3: Bei Versuchspersonen mit geringerer Lesespanne zeigten sich in Experiment 5 auch nach drei Sekunden kaum Verarbeitungsunterschiede zwischen subordinierten und dominanten Disambiguierungshinweisen. Einzig im links-anterioren Bereich wurde ein auf 4 Elektroden beschränkter N300-Effekt registriert.

tes aktiviert. Dies bestätigte die Hypothese, die aus Sicht des Selektionsansatzes aufgestellt worden war: das Ausbleiben kontextueller Disambiguierungsinformation bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne hatte einen Bedeutungsselektionsprozess verhindert, worauf beide Bedeutungen aktiviert blieben.

Nach der 1-sekündigen Phase ohne disambiguierende Information in Experiment 3 hatten Versuchspersonen mit großer Lesespanne keine Probleme mit der Umsetzung eines subordiniert relativen Hinweises gezeigt. Die längere ambige Phase in Experiment 5 jedoch erschwerte dieser Versuchspersonengruppe die Umsetzung subordinierter Disambiguierungsinformation – wie Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten auch sie noch Aktivierung für die dominante Bedeutung.

Das Ausbleiben eines Gruppenunterschieds für die EKPs auf der Verbposition kann als weiterer Beleg für unterschiedliche Selektionsprozesse in den beiden Gruppen gewertet werden. Die Gruppen hatten noch auf der Hinweisposition deutlich differierende

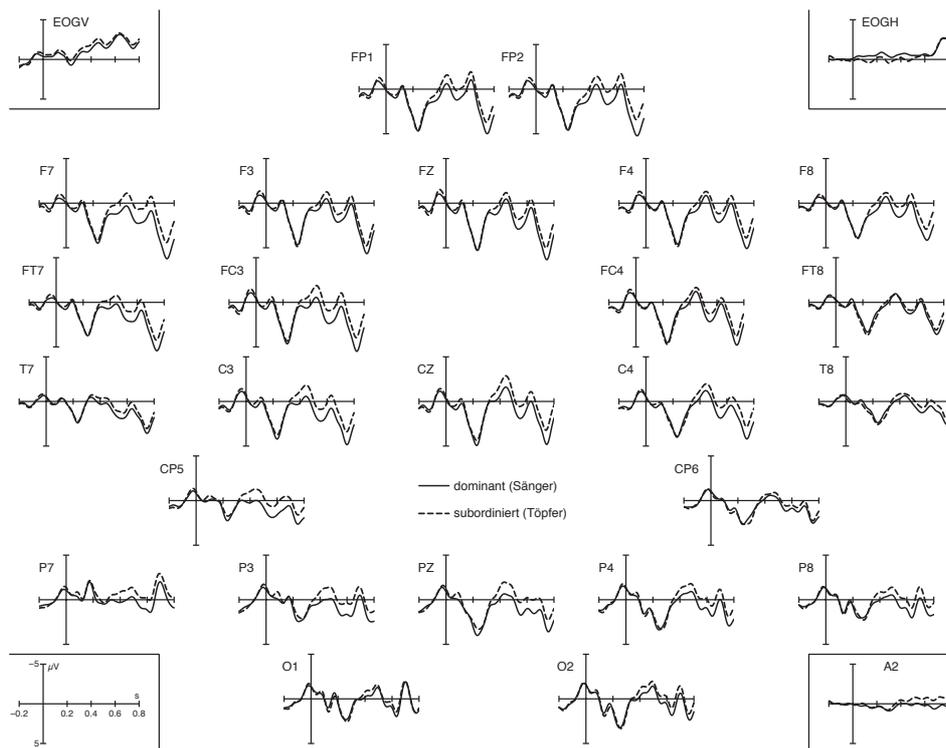


Abbildung 10.4: Bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigte sich in Experiment 5 auch bei verlängerter ambiger Phase eine signifikant stärkere Negativierung auf die Präsentation eines subordinierten Disambiguierungshinweises.

Muster gezeigt. Allerdings konnten identisch ablaufende Prozesse bei ungleicher Ausgangslage keine vergleichbaren Ergebnisse erzeugen. Somit war davon auszugehen, dass die Versuchspersonengruppen unterschiedlich auf die Disambiguierungshinweise reagiert hatten. Der N400-Effekt bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne untermauert die Annahme, dass diese Versuchspersonen die ambige Satzphase für einen frequenzbasierten Selektionsprozess nutzten. Dabei könnte die aus der Selektion folgende Inhibition der subordinierten Bedeutung in Experiment 5 nach drei Sekunden stärker ausgefallen sein als nach nur einer Sekunde in den Experimenten 3 & 4. In diesem Falle konnte der kontextuelle Disambiguierungshinweis die während der ambigen Satzphase getroffene Selektion der dominanten Bedeutung nicht mehr umkehren. Die Daten sprechen also dafür, dass bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne die Schwierigkeiten bei der Umsetzung des subordinierten Hinweises durch die über den langen ambigen Zeitraum manifestierte Selektion der dominanten Bedeutung und die darauf folgende Inhibition der subordinierten Bedeutung verursacht wurden.

Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten dagegen nach kurzer wie langer ambiger Satzphase die gleiche Reaktion auf einen subordinierten Hinweis: das Aktivierungsniveau der dominanten Bedeutung wurde nur wenig beeinflusst. Auch dies war weitere Evidenz für die Selektionsthese, denn da die disambiguierende Kontextinformation über die kurze wie lange ambige Satzphase gleichermaßen fehlte, sollten kontextorientierte Selektionsprozesse in beiden Situationen nicht möglich gewesen sein. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne begannen ihre Selektion offenbar erst, wenn kontextuelle Disambiguierungshinweise vorlagen.

Auch in Experiment 5 zeigten sich interindividuelle Unterschiede bei der Bedeutungsselektion für ambige Wörter. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne hielten angesichts fehlender kontextueller Disambiguierungshinweise beide Bedeutungen auch über eine längere ambige Satzphase hinweg aktiviert. Versuchspersonen mit großer Lesespanne dagegen setzten über die ambige Satzphase hinweg die frequenzgeleitete Inhibition der subordinierten Bedeutung fort.

# Kapitel 11

## Zusammenfassende Diskussion

Die mit der vorliegenden Arbeit dokumentierte EKP-Studie wurde durchgeführt um zu untersuchen, welche arbeitsgedächtnisspezifischen Prozesse zu interindividuellen Unterschieden bei der Verarbeitung ambiger Wörter führen. Den Ausgangspunkt bildete die Beobachtung, dass sich die Verarbeitung ambiger Wörter für Personen mit unterschiedlich guten verbalen Arbeitsgedächtnisleistungen unterscheiden kann (Gernsbacher & Faust, 1991a,b; Miyake, Just & Carpenter, 1994). Mit besonderer Beachtung interindividueller Unterschiede wurde in fünf Experimenten von der initialen Aktivierung ohne Kontext bis zur Selektion der relevanten Bedeutung in verschiedenen Satz- und Wortkontexten die Verarbeitung ambiger Wörter systematisch untersucht.

Im folgenden Abschnitt werden die behavioralen Befunde der Studie diskutiert. Daran anschließend erfolgt auf der Basis der elektrophysiologischen Befunde die Diskussion von initialer Aktivierung und Bedeutungsselektion bei ambigen Wörtern. Das Kapitel endet mit der Beschreibung des *Selektionsmodells*. Dieses Modell wurde anhand der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit entwickelt. Es beschreibt, wie verschiedene Strategien bei der Selektion der relevanten Bedeutung zu interindividuellen Unterschieden bei der Verarbeitung ambiger Wörter führen.

### 11.1 Behaviorale Befunde

In den beiden Experimenten auf Wortebene wurden ambige Wörter als Primes angeboten. Die Reaktion auf die semantisch relativen bzw. unrelativen Targetwörter wurde als Ausdruck für die Aktivierung der Wortbedeutungen angesehen. Die *Reaktionszeiten* zeigten sich in beiden Experimenten beschleunigt, wenn die Targets eine semantische Relation zu einer der beiden Bedeutungen der ambigen Primewörter aufwiesen. Dar-

aus kann geschlossen werden, dass das Präsentieren eines lexikalisch ambigen Wortes bei allen Versuchspersonen zur initialen Aktivierung seiner beiden Bedeutungen führte. Die Aktivierung beider Bedeutungen kann als Bestätigung für die Aktivierungsphase des *multiple-access*-Modells angesehen werden (Swinney, 1979). Ein Einfluss der Lesespanne der Versuchspersonen auf initiale Aktivierungsprozesse konnte anhand von Reaktionszeitdaten nicht festgestellt werden.

*Behavioral* konnte in den Wortexperimenten jedoch *keine Selektion* der relevanten Bedeutung beobachtet werden, wie sie das *multiple-access*-Modell annimmt. Eine mögliche Interpretation wäre, dass die Inhibition der höher frequenten Bedeutung eines ambigen Wortes, wie sie in den Experimenten auf Wortebene erforderlich war, besonders schwer ist (vgl. z. B. Tabossi, 1988). Alternativ ist jedoch auch denkbar, dass die semantische Verarbeitung von *Wortkonstituenten* anders abläuft als das Verarbeiten vollständiger Wörter innerhalb von Sätzen. Da die Paradigmen der Wort- und Satzexperimente zu verschieden waren, um in dieser Frage vergleichbare Datenpunkte liefern zu können, muss die Frage nach den grundsätzlichen Unterschieden zwischen den semantischen Verarbeitungsroutinen in morphologisch komplexen Wörtern und Satzkontexten zukünftiger Forschung vorbehalten bleiben.

Die *Fehlerraten* in den Experimenten 3 und 5 belegten mit Frequenz-Haupteffekten und Frequenz-Interaktionen, dass innerhalb von Satzkontexten das Verarbeiten der subordinierten Bedeutung eines ambigen Wortes schwieriger war als das der dominanten. Dies kann als Ausdruck einer im Vergleich zur dominanten Lesart geringer aktivierten subordinierten Bedeutung interpretiert werden und verdeutlicht den Einfluss der Gebrauchsfrequenz bei der Verarbeitung der beiden Bedeutungen (Hagoort & Brown, 1994; Simpson, 1981; Simpson & Krueger, 1991).

Nach Sätzen mit widersprüchlicher Disambiguierungsinformation waren in allen drei Satzexperimenten die *Fehlerraten* erhöht. Dies spricht für ein erschwertes Satzverständnis in diesen Sätzen. Dieser Befund belegt, dass nicht abgeschlossene Selektionsprozesse für ambige Wörter die Erstellung der Satzsemantik beeinflussen und erschweren können.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Untersuchung der Prozesse, die zu interindividuellen Unterschieden bei der Verarbeitung ambiger Wörter beitragen. In der vorliegenden Studie waren lesespannenabhängige Unterschiede auf behavioraler Ebene jedoch nur sehr schwer nachweisbar. So ergab sich in den Experimenten 3 und 4 bei normaler Belastung des Arbeitsgedächtnisses kein Hinweis darauf, dass Versuchspersonen mit großer Lesespanne besser als solche mit geringer Lesespanne in der Lage gewesen sein könnten, beide Bedeutungen ambiger Wörter aktiviert zu halten (Miyake, Just & Carpenter, 1994). Erst in Experiment 5 konnten mit einer verstärkten Belastung des Arbeitsgedächtnisses interindividuelle Unterschiede registriert werden. Versuchspersonen

sonen mit geringer Lesespanne zeigten hier eine insgesamt erhöhte Fehlerrate. Außerdem steigerte das Umschalten auf eine andere Bedeutung auf der Verbposition die Fehlerquote in dieser Gruppe um sechs Prozentpunkte. Bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne wurden hingegen nur 2 % Unterschied registriert.

Bei dieser Beobachtung läge es nahe, die Aktivierungstheorie (Miyake, Just & Carpenter, 1994) bestätigt zu sehen und den Versuchspersonen mit geringer Lesespanne ineffektivere Mechanismen zum Aktivhalten lexikalisch ambiger Wörter zu attestieren. Gegen diese Interpretation spricht, dass in dieser Gruppe kein Frequenzhaupteffect (DD vs. SS) beobachtet wurde. Die Aktivierungstheorie würde jedoch vorhersagen, dass am Ende einer langen ambigen Phase bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne die subordinierte Bedeutung eines ambigen Wortes über weniger Aktivierung verfügen sollte als die dominante. Die kontextuelle Disambiguierung dieser Bedeutung sollte somit größere Probleme bereiten als die der dominanten Lesart. Es zeigten sich jedoch über die gesamte Versuchspersonengruppe keine behavioralen Unterschiede zwischen Sätzen mit ausschließlich dominanter bzw. nur subordinierter Disambiguierungsinformation (DD bzw. SS). Die für Sätze mit widersprüchlicher Kontextinformation erhöhte Fehlerquote der Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Experiment 5 kann aber auch anders gedeutet werden. So könnten diese Versuchspersonen besonders sensitiv auf die Disambiguierungsinformation reagiert haben und aus diesem Grunde mehr Probleme mit widersprüchlichem Kontext gehabt haben. Eine solche größere Kontextsensitivität ist für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne bzw. schlechteren verbalen Leistungen bereits beschrieben worden (Gernsbacher & Faust, 1991a; Perfetti & Roth, 1981).

In der vorliegenden Arbeit sprachen die wenigen behavioralen Befunde zu interindividuellen Unterschieden bei der Verarbeitung ambiger Wörter somit *gegen die Aktivierungstheorie*. Sie legten nahe, dass Versuchspersonen mit *geringer Lesespanne* bei der Selektion der relevanten Bedeutung ambiger Wörter besonders an *kontextueller Information* orientiert waren. Diese Interpretation wird durch die elektrophysiologischen Befunde der Studie gestützt. Diese werden im nächsten Abschnitt diskutiert.

## 11.2 Elektrophysiologische Befunde

### 11.2.1 Initiale Aktivierung bei ambigen Wörtern

In Experiment 1 wurden die Prozesse der initialen Aktivierung bei ambigen Wörtern untersucht. Hier zeigte sich unabhängig von der Lesespanne der Versuchspersonen zum Ende des ambigen Wortes deutliche Aktivierung für die dominante Bedeutung. Für die subordinierte Bedeutung konnte zu diesem Zeitpunkt in keiner der Versuchspersonengruppen

ein vergleichbar deutlicher Effekt beobachtet werden. Dies belegt die *bevorzugte Aktivierung der höher frequenten Bedeutung* in Situationen, in denen kein disambiguierender Kontext vorliegt.

Die Aktivierung für die subordinierte Bedeutung war zum Ende der ambigen Wörter für die Lesespannengruppen verschieden ausgeprägt. Bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne zeigte sich einsetzende Aktivierung, Versuchspersonen mit geringer Lesespanne wiesen jedoch keine Aktivierungsanzeichen auf. In den Satzexperimenten zeigten allerdings gerade Versuchspersonen mit geringer Lesespanne vergleichbar starke Aktivierung für beide Bedeutungen des ambigen Wortes. Somit kann davon ausgegangen werden, dass beide Versuchspersonengruppen eine initiale Aktivierung der subordinierten Bedeutung ausführten. Dies spricht dafür, dass die interindividuellen Unterschiede am Ende des ambigen Wortes durch *langsamere Aktivierungsmechanismen* bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne verursacht wurden.

Ein anderer Befund kann in ähnlicher Weise interpretiert werden. In Experiment 1 wurde eine späte Negativierung beobachtet, die zum Ende des ambigen Wortes für die subordinierte Bedeutung in beiden Versuchspersonengruppen auftrat. Die dominante Bedeutung evokierte zum gleichen Zeitpunkt nur bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne eine späte Negativierung. Wurde die Aktivierung der Bedeutungen wenige hundert Millisekunden nach dem Ende des ambigen Wortes getestet, wies keine der Versuchspersonengruppen mehr einen späten Effekt auf. Ähnliche Befunde aus anderen Studien waren mit Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisprozessen in Verbindung gebracht worden (Holcomb, 1988; Ruchkin, Johnson, Canoune & Ritter, 1990; Ruchkin, Canoune, Johnson & Ritter, 1995). In Experiment 1 mussten gleichzeitig die Konstituenten eines Kompositums aktiviert und verarbeitet und eine lexikale Entscheidung über ein Targetwort getroffen werden. Dies kann eine starke Belastung des Arbeitsgedächtnisses bedeutet haben, deren Ausdruck die späte Negativierung gewesen sein könnte. Das Ausbleiben einer späten Negativierung könnte somit als Zeichen für das Beenden einer der beteiligten Prozesse interpretiert werden. Im Fall der Versuchspersonen mit großer Lesespanne könnte dies der Prozess der initialen Aktivierung der dominanten Bedeutung gewesen sein. Da Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zum Ende des ambigen Wortes noch eine späte Negativierung für die dominante Bedeutung zeigten, kann angenommen werden, dass sie deren initiale Aktivierung noch nicht abgeschlossen hatten. Das Fehlen der späten Negativierung für die dominante Bedeutung bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne und die fehlende Aktivierung für die subordinierte Bedeutung für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Experiment 1 sprachen dafür, dass Versuchspersonen mit geringer Lesespanne über langsamere Mechanismen zur Bedeutungsaktivierung verfügen.

Die Annahme, dass initiale Aktivierungsprozesse bei Versuchspersonen mit gerin-

ger Lesespanne langsamer vonstatten gehen als bei Personen mit besserer verbaler Arbeitsgedächtnisleistung, steht im Einklang mit Beobachtungen, die von Perfetti und Roth (1981) diskutiert wurden. Neben der Annahme, dass gutem Leseverständnis schnelles Enkodieren zugrunde liegt, gingen die Autoren davon aus, dass Versuchspersonen mit weniger guter Wortidentifizierung kontextuelle Zusatzinformation zur initialen Aktivierung hinzuziehen. Mit den elektrophysiologischen Daten für die Bedeutungsselektion konnte die vorliegende Studie Belege zur Unterstützung dieser These erbringen. Die Befunde zur Bedeutungsselektion werden im folgenden Abschnitt diskutiert.

### 11.2.2 Die Selektion der relevanten Bedeutung

In Experiment 2 wurde die Disambiguierung ambiger Wörter innerhalb deutscher Substantiv-Komposita untersucht. Die Daten zeigten für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne, dass die Kopfkongruente des Kompositums einen sofortigen Einfluss auf das Aktivierungsniveau der Bedeutungen des ambigen Wortes hatte. Hier führte die subordiniert relationierte Kopfkongruente zu einer Deaktivierung der dominanten Bedeutung. Im Gegensatz dazu blieben bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne beide Bedeutungen aktiviert. Die kontextuelle Disambiguierung wurde demnach in dieser Versuchspersonengruppe nicht umgesetzt. Dies entsprach den Beobachtungen von Perfetti und Roth (1981). Ob die kontextuelle Disambiguierung allerdings noch in die initiale Aktivierung der Wortbedeutungen eingreifen konnte, ließ sich mit Experiment 2 nicht eindeutig klären. Die Kopfkongruenten der Komposita waren im Durchschnitt 734 ms lang; in den meisten behavioralen Experimenten zeigten sich in diesem Zeitraum bereits postlexikale Einflüsse. Eine klare Abgrenzung lexikaler und postlexikaler Prozesse war also nicht möglich. Die anhand der behavioralen Ergebnisse schon diskutierte These, dass Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in frühen Phasen der Wortverarbeitung stärker auf kontextuelle Hinweise reagieren, wurde mit den Befunden von Experiment 2 jedoch bestätigt.

Die Inhibition der dominanten Bedeutung bei Versuchspersonen mit geringer aber nicht mit großer Lesespanne lässt sich nicht mit der Inhibitionstheorie erklären (Gernsbacher & Faust, 1991a). Diesem Ansatz folgend hätte die Inhibition der dominanten Bedeutung durch die Versuchspersonen mit großer Lesespanne erfolgen müssen, denn diese sollten über die besseren inhibitorischen Fähigkeiten verfügen. Die Beobachtungen in Experiment 2 belegten dagegen die Inhibition der irrelevanten Bedeutung ausschließlich durch Versuchspersonen mit geringer Lesespanne. Dies sprach gegen die Inhibitionstheorie.

In Sätzen mit zunehmend langen Phasen *ohne* kontextuelle Disambiguierungsinformation zeigte sich darüber hinaus, dass auch die *Aktivierungstheorie* (Miyake et al., 1994) kein zutreffendes Modell für die unterschiedliche Verarbeitung ambiger Wörter in den

Versuchspersonengruppen sein konnte. In den Satzexperimenten hatten Versuchspersonen mit großer Lesespanne die dominante Bedeutung der ambigen Wörter aktivgehalten, die subordinierte Lesart dagegen verlor mit zunehmender Länge der ambigen Phase an Aktivierung. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne dagegen hatten auch nach drei Sekunden ohne Disambiguierungshinweis beide Bedeutungen der ambigen Wörter vergleichbar stark aktiviert. Die Aktivierungstheorie hätte ein exakt gegenteiliges Ergebnis vorhergesagt. Somit konnte die Studie auch die Aktivierungstheorie nicht bestätigen.

Es wurden allerdings sowohl in den Satzexperimenten als auch in Experiment 2 deutliche Hinweise auf einen Zusammenhang von Selektionsprozessen und Inhibition gefunden. Inhibitorische Prozesse fanden sich in beiden Gruppen im Anschluss an kontextuelle Disambiguierungshinweise im Satzkontext. Versuchspersonen mit großer Lesespanne inhibierten Information darüberhinaus auf der Basis von Frequenzinformation. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne inhibierten kontextgeleitet auch innerhalb von Wortkontexten. Inhibition setzte demnach dann ein, wenn Information vorlag, die eine Selektion irrelevanter Informationseinheiten erlaubte. Dies lässt vermuten, dass Inhibition die direkte Folge einer Selektionsentscheidung ist.

Aber auch das Aktivhalten von Information spielte eine Rolle bei der Verarbeitung ambiger Wörter. Aktivationale Prozesse waren bereits durch die initiale Aktivierung der Bedeutung(en) eines Wortes gegeben. Die Daten für die Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Experiment 5 belegten darüberhinaus das *Aktivhalten* von Informationseinheiten über mehrere Sekunden, wenn keine kontextuellen Informationen die Selektion einer der Bedeutungen unterstützte. Aktivhalten von Information scheint der Hauptmechanismus zu sein, wenn nicht ausreichend Informationen vorliegen, um das (ir)relevante zweier konkurrierender Elemente im Arbeitsgedächtnis zu bestimmen. Inhibition und Aktivierung sind demnach durchaus von grundlegender Bedeutung für die Verarbeitung lexikalisch ambiger Wörter. Es konnte jedoch keine der beiden assoziierten Theorien, die einen Zusammenhang zwischen der Arbeitsgedächtnisleistung und der effektiven Ausführung von inhibitorischen bzw. aktivationalen Prozessen annahmen, bestätigt werden.

In Abbildung 11.1 ist auf der Basis der vorliegenden Studie für die Versuchspersonengruppen exemplarisch dargestellt, wie sich das Aktivationsniveau der Bedeutungen der ambigen Wörter in einem Satz des Experiments 5 entwickelt haben könnte. Die Ergebnisse zeigten hier für Versuchspersonen mit großer Lesespanne einen schnellen, aber auch zeitlich beschränkten Einfluss des Disambiguierungshinweises (*Töpfer*). Während 500 ms nach der Präsentation eines subordinierten Hinweises die subordinierte Bedeutung stärker aktiviert war als die dominante, zeigte sich das Aktivationsniveau beider Bedeutungen 500 ms später vergleichbar hoch. Wurde ein subordinierter Disambiguierungshinweis also nicht verstärkt und das ambige Wort nicht endgültig subordiniert disambiguiert, zeigten

Versuchspersonen mit großer Lesespanne eine Bevorzugung der höher frequenten Bedeutung. Bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne beeinflusste kontextuelle Information den Selektionsprozess somit zwar schnell, sie war jedoch durch Frequenzinformation relativierbar. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne dagegen brauchten länger für die Umsetzung eines subordinierten Hinweises. Darüber hinaus zeigten sie keine Anzeichen zur Bevorzugung der höher frequenten Bedeutung. Erst bei Vorliegen kontextueller Disambiguierungshinweise wurden Selektionsprozesse angestoßen. Lagen dagegen keine derartigen Hinweise vor, wurden beide Bedeutungen aktivgehalten. In Abbildung 11.2 ist ein mögliches Szenario für den interindividuell verschiedenen Einfluss von kontextueller und Frequenzinformation auf das Aktivationsniveau der beiden Bedeutungen in dem Beispielsatz aus Experiment 5 dargestellt.

Mit den EKP-Ergebnissen der vorliegenden Studie kann angenommen werden, dass interindividuelle Unterschiede bei der Verarbeitung ambiger Wörter durch unterschiedliche Mechanismen für die Auswahl der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes bewirkt wurden. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten erst nach der Präsentation kontextueller Disambiguierungshinweise überhaupt Anzeichen für Selektionsprozesse (Experimente 3 - 5). Bei Vorhandensein kontextueller Disambiguierungsinformation jedoch inhibierten sie auch die höher frequente Bedeutung ambiger Wörter sehr schnell (Experiment 2). Versuchspersonen mit großer Lesespanne hielten dagegen trotz gegenläufiger disambiguierender Kontextinformation (Experiment 2) die dominante Bedeutung aktiv. Sie deaktivierten darüberhinaus angesichts fehlender kontextueller Hinweise die weniger

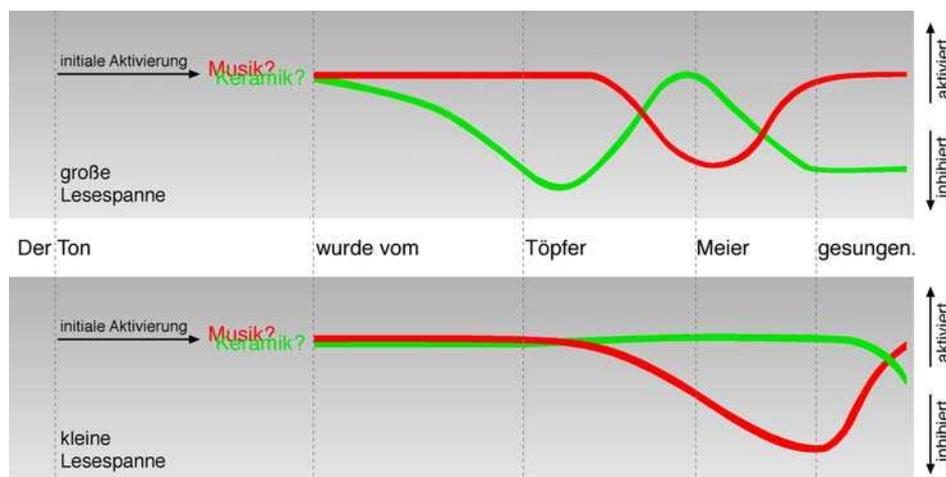


Abbildung 11.1: Grafische Umsetzung der Befunde der Experimente 3, 4 und 5. Die Verarbeitung ambiger Wörter verlief interindividuell verschieden.

frequente Bedeutung (Experimente 3 - 5) und kehrten trotz subordinierten Disambiguierungshinweises zur Bevorzugung der dominanten Bedeutung zurück, wenn der Kontext keine weiteren Hinweise auf die subordinierte Lesart lieferte (Experiment 4).

Diese Befunde legen nahe, dass Versuchspersonen mit geringer Lesespanne eher über kontextuell orientierte Selektionsmechanismen verfügen, während der Selektionsprozess von Versuchspersonen mit großer Lesespanne vermehrt auf Frequenzinformation aufbaut. Die unterschiedlichen Selektionsstrategien der Versuchspersonengruppen führten dabei zu Unterschieden beim Aktivhalten und Inhibieren von semantischer Information.

Im folgenden wird ein *Selektionsmodell* beschrieben, das unter Berücksichtigung aller Befunde der vorliegenden Studie entwickelt wurde. Es baut darauf auf, dass die Ursache der interindividuellen Unterschiede bei der Verarbeitung ambiger Wörter in verschiedenen Strategien bei der Selektion der relevanten Bedeutung liegt.

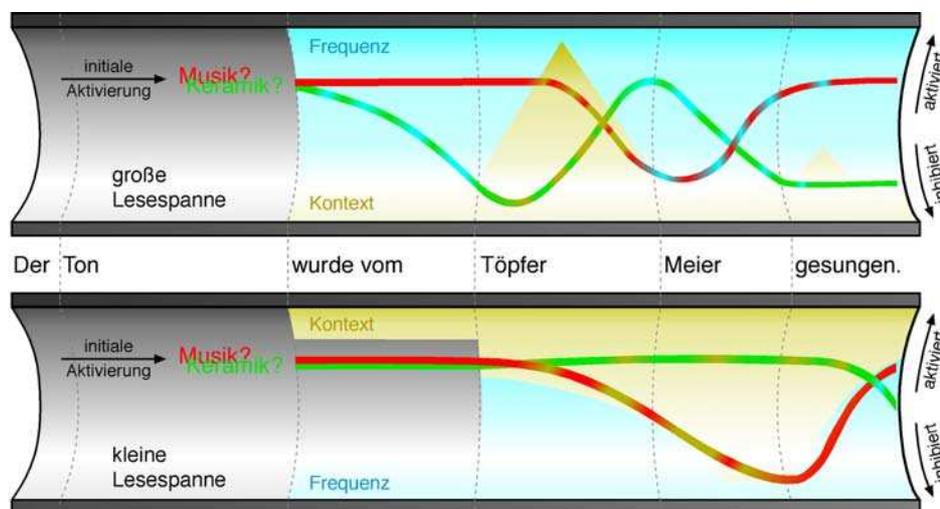


Abbildung 11.2: Kontextuelle und Frequenzinformation können interindividuell verschieden auf das Aktivationsniveau der Bedeutungen ambiger Wörter einwirken. Während bei großer Lesespanne ein schneller und flexibler Prozess einen kontextuellen Hinweis gegen die Frequenzinformation im mentalen Lexikon rechnete, wurde bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne die Frequenzinformation erst in die Selektion einbezogen, als kontextuelle Information vorhanden war.

### 11.3 Selektionsstrategien - ein Modell

Die Daten der vorliegenden Arbeit sprechen für ein Selektionsmodell, das im folgenden näher erläutert wird. Es kann angenommen werden, dass die Selektion der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes ein Prozess ist, der die zur Verfügung stehenden Selektionsinformationen bis zur endgültigen Disambiguierung regelmäßig aktualisiert. Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Modell geht davon aus, dass die Selektion der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes im Arbeitsgedächtnis von zwei für die Sprachverarbeitung fundamentalen Parametern beeinflusst werden kann: der im mentalen Lexikon gespeicherten Frequenz und dem Kontext. Die Entscheidung über die relevante Bedeutung eines ambigen Wortes kann über die Frequenz der Bedeutungen beeinflusst werden, die endgültige Disambiguierung des Wortes erfolgt aber in der Regel aufgrund kontextueller Information.

Für das Modell wird angenommen, dass Frequenzinformation in einem einfach zu dekodierenden Format im mentalen Lexikon vorliegt. Sie ist vergleichsweise stabil und schnell abrufbar. Kontextinformation dagegen muss erst aus semantischen und pragmatischen Faktoren berechnet werden, bevor sie in den Selektionsprozess einfließen kann. Die divergierenden Komplexitätsgrade der bevorzugten Informationsarten und deren unterschiedliche Abrufbarkeit können zu unterschiedlich komplexen Berechnungsmodi für die Selektion der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes führen. Während bei großer Lesespanne ein schneller und flexibler Prozess einen kontextuellen Hinweis gegen die Frequenzinformation im mentalen Lexikon rechnet, kommt bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne die genau entgegengesetzte Strategie zum Tragen: erst wenn kontextuelle Information vorhanden ist, wird Frequenzinformation in die Selektion einbezogen. Dies führt zu unterschiedlich flexiblen Selektionsprozessen in den Versuchspersonengruppen.

Das vorgestellte Modell greift die These auf, dass ein gutes Leseverständnis bzw. eine große Lesespanne mit einem sehr schnellen Zugriff auf Informationen des mentalen Lexikons verknüpft ist. Geringere Lesespannen dagegen sollen mit weniger effektiven Zugriffsmechanismen, dafür aber einem stärkeren Einfluss kontextueller Informationen assoziiert sein (Perfetti & Roth, 1981).

Gernsbacher und Faust (1991a) hatten ebenfalls beobachtet, dass weniger gut ausgeprägte Lesefähigkeiten mit einer verstärkten Nutzung kontextueller Information zusammenfiel. Sie kamen allerdings nicht zu dem Schluss, dass die stärkere Einbeziehung kontextueller Faktoren ein Kriterium zur Unterscheidung der Versuchspersonengruppen ist, sondern entwickelten auf der Basis ihrer Untersuchungen den in dieser Arbeit als *Inhibitionstheorie* diskutierten Ansatz.

Überdenkenswert am Ansatz von Gernsbacher und Faust (1991a), aber auch am Aktivationsansatz (Miyake, Just & Carpenter, 1994) ist, dass ihnen die Annahme zugrundeliegt, dass es nur einen optimalen Weg gibt, um sprachliche Information semantisch zu verarbeiten. Diese optimale Variante wird den Personen zugeschrieben, die über gute verbale Arbeitsgedächtnisleistungen verfügen. Allerdings beendet nur ein Bruchteil aller jungen Versuchspersonen einen Lesespannentest mit einem Ergebnis, das auf diese optimal ausgeprägten Fähigkeiten schließen ließe; die Mehrzahl der Getesteten erzielt Werte im Mittel - oder unteren Bereich der Skala<sup>1</sup>. Die Verortung der optimal ausgeprägten Fähigkeit zum Verarbeiten semantischen Materials bei Personen mit großen Lesespannen würde bedeuten, dass viele Menschen einer optimalen Nutzung ihres verbalen Arbeitsgedächtnisses ihr Leben lang fernbleiben. Angesichts der fundamentalen Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses und angesichts dessen, dass es für viele Aktivitäten des täglichen Lebens von entscheidender Bedeutung ist, mag diese Annahme anzweifelbar sein.

Die vorliegende Studie zeigt, dass Selektionsprozesse im Spannungsfeld von Frequenz und Kontext stattfinden. In diesem Spannungsfeld zeigten sich die Versuchspersonen unterschiedlich orientiert. Dabei muss beachtet werden, dass die vorliegenden Experimente gezielt mit Versuchspersonen durchgeführt wurden, für die besonders große bzw. kleine Lesespannen ermittelt wurden. Es ist also davon auszugehen, dass von denjenigen, deren Spanne sich im Mittelfeld der Skala des Lesespannentests befinden, Frequenz- und Kontextinformationen gleichermaßen und viel stärker situationsabhängig in Selektionsprozesse einbezogen werden. Auch die Stimuli, die in den fünf Experimenten der Studie präsentiert wurden, waren nach Extremwerten ausgesucht. Im Alltag sind weder Erwartungswahrscheinlichkeiten von über 90 % auf bestimmte Wörter (wie zwischen Disambiguierungshinweis und harmonisierender Disambiguierung) noch ambige Wörter besonders häufig. Die vorgelegten Experimente haben somit Selektionsprozesse in ihren extremen Ausprägungen beobachtet. Normale Selektionsprozesse sollten in viel stärkerem Maße situationsabhängig durch die verschiedenen Disambiguierungsinformationen geprägt sein.

---

<sup>1</sup>In der Versuchspersonendatenbank des Max-Planck-Instituts für neuropsychologische Forschung Leipzig waren Ende Oktober 2001 1333 Versuchspersonen eingetragen, die einen Lesespannentest absolviert hatten. Trotz verstärkter Akquise von Versuchspersonen mit großer Lesespanne wiesen nur 145 der getesteten Personen eine Spanne von 5 oder mehr auf. Das obere Drittel der Skala wird also durch nur 11 % der Versuchspersonen repräsentiert. Die meisten Versuchspersonen wiesen Lesespannen zwischen 3 und 4 auf: 63 %.

## 11.4 Perspektiven

Die vorliegende Arbeit entstand, um interindividuelle Unterschiede bei der Verarbeitung ambiger Wörter zu untersuchen. Es konnte gezeigt werden, dass bereits bei der initialen Bedeutungsaktivierung erste Differenzierungen zwischen den Versuchspersonengruppen auftreten können. Deutliche interindividuelle Unterschiede zeigten sich bei der Selektion der relevanten Bedeutung. Die Ergebnisse der Studie können eine Erklärung für die differierenden Beobachtungen zur Verarbeitung ambiger Wörter sein.

Die vorliegende Arbeit konnte (und wollte) nicht alle Fragen, die die semantische Verarbeitung ambiger Wörter betreffen, einer Beantwortung näherbringen. Viele Fragen bleiben offen. So müssen weitere Experimente klären, ob Kontexteffekte interindividuell verschieden auf die initialen Aktivierung von Wortbedeutungen wirken können, wie es nach Experiment 2 vermutet werden kann. Denkbar wäre hier ein cross-modales Satzexperiment, in dem kontextuelle Information klassischerweise vor dem Präsentieren der lexikalischen Ambiguität vorliegt. Mit einem Paradigma wie dem der hier dokumentierten Komposita-Experimente könnte die Kontextabhängigkeit der Aktivierung der beiden Wortbedeutungen an unterschiedlichen Punkten des ambigen Wortes untersucht werden. Nach den Befunden von Experiment 2 sollte sich bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne keine oder nur wenig Aktivierung für die kontextuell irrelevante Bedeutung der ambigen Wörter beobachten lassen. Bei großer Lesespanne sollten beide Bedeutungen aktiviert werden. Mit einem solchen Experiment könnte auch die Frage, ob lexikale Prozesse an sich interindividuell unterschiedlich kontextuell beeinflussbar sind, weiter untersucht werden.

Darüber hinaus wäre gerade in Bezug auf alltägliche Kommunikation interessant, ob ausführliche Kontexte wie kurze Texte oder fortlaufende Erzählungen den Einfluss kontextueller Information verstärken können. Möglicherweise haben die vielen Experimente zur Bedeutungsverarbeitung bei ambigen Wörtern, in denen nur einfache Sätze ohne Diskursumfeld präsentiert wurden (vgl. Kapitel 3), dazu geführt, dass der Einfluss des Kontexts auf die Selektion der relevanten Bedeutung ambiger Wörter zu gering bewertet wurde.

Die im Ausklang dieser Arbeit interessanteste Frage ist jedoch sicherlich die nach den interindividuellen Variationen beim Zusammenspiel von kontextueller und Frequenzinformation bei der Selektion relevanter Information. Zur Untersuchung dieser Fragestellung bietet sich ein Experiment an, in dem sowohl der Faktor Frequenz als auch der Faktor Kontext variiert wird. Versuchspersonen mit großer Lesespanne sollten bei ambigen Wörtern mit zwei gleich frequenten Bedeutungen und einem Kontext, der stark auf eine Bedeutung ausgerichtet ist, stärker kontextbasierte Selektionsprozesse aufweisen, als in den Paradigmen der vorliegenden Arbeit. Ambige Wörter mit unterschiedlich frequenten

Bedeutungen kombiniert mit eher neutralen Kontexten sollten bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne dagegen einen frequenzbasierten Selektionsprozess fördern.

Studien mit Kindern könnten zeigen, inwiefern die Organisation des mentalen Lexikons an der Entstehung der verschiedenen Selektionsmechanismen beteiligt ist, denn die Frequenz der Wortbedeutungen eines ambigen Wortes sollte erst nach etwas Sprachenerfahrung im mentalen Lexikon aufgebaut sein. Bei jüngeren Kindern sollte also kaum Frequenzeinfluss bei der Selektion der relevanten Bedeutung eines ambigen Wortes beobachtet werden können. Auch beim Erlernen einer Zweitsprache sollten Frequenzeffekte erst ab einem höheren Sprachniveau beobachtet werden können.

Wissen, das im Gehirn gespeichert ist und Information, die über die Wahrnehmung der aktuellen Situation entsteht, sind grundlegend für die menschliche Kommunikation. Der Wunsch, das Zusammenspiel beider Faktoren zu entschlüsseln, wird sicher auch in Zukunft zu spannenden Forschungsprojekten führen.

# Literatur

- Aitchison, J. (1994). *Words in the mind: an introduction to the mental lexicon*. Oxford, Cambridge: Blackwell.
- Altmann, G. & Steedman, M. (1988). Interaction with context during human sentence processing. *Cognition*, 30(3), 191–238.
- American Electroencephalographic Society (1991). American electroencephalographic society guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 8(2), 200–202.
- Anderson, J. E. & Holcomb, P. J. (1995). Auditory and visual semantic priming using different stimulus onset asynchronies: An event-related brain potential study. *Psychophysiology*, 32(2), 177–190.
- Atkinson, R. M. & Shiffrin, R. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation*, Band 2 (S. 89–195). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford University Press.
- Baddeley, A. (1997). *Human Memory. Theory and Practice*. Hove: Psychology Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working Memory. In G. H. Bower (Hrsg.), *The Psychology of Learning and Motivation. Advances in Research and Theory*, Band 8 (S. 47–89). New York, San Francisco, London: Academic Press.
- Baddeley, A. D., Logie, R. & Nimmo-Smith, I. (1985). Components of fluent reading. *Journal of Memory and Language*, 24(1), 119–131.
- Baddeley, A. D. & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Hrsg.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (S. 28–61). New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 14, 575–589.
- Balota, D. A. (1994). Visual word recognition. the journey from features to meaning. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 303–358). San Diego: Academic Press.
- Barlow, J. (1992). *The Electroencephalogram: Its Patterns and Origins*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Barrett, S. E. & Rugg, M. D. (1989). Event-related potentials and the semantic matching of faces. *Neuropsychologia*, 27, 913–922.
- Bentin, S., Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1995). Semantic processing and memory for attended and unattended words in dichotic listening: behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 21(1), 54–67.
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Echallier, J. & Pernier, J. (1999). ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: Time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(3), 235–260.
- Beringer, J. (1993). Experimental Run Time System. Berisoft Corporation, Frankfurt/Main.

- van Berkum, J. J., Hagoort, P. & Brown, C. M. (1999). Semantic integration in sentences and discourse: Evidence from the N400. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(6), 657–671.
- Besson, M., Kutas, M. & van Petten, C. (1992). An event-related potential (ERP) analysis of semantic congruity and repetition effects in sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 132–149.
- Bierwisch, M. & Schreuder, R. (1992). From concepts to lexical items. *Cognition*, 42(1-3), 23–60.
- Bloom, P. A. & Fischler, I. (1980). Completion norms for 329 sentence contexts. *Memory & Cognition*, 8(6), 631–642.
- Boettcher-Gandor, C. & Ullsperger, P. (1993). Mismatch negativity in event-related potentials to auditory stimuli as a function of varying interstimulus interval. *Psychophysiology*, 29(5), 546–550.
- Bors, D. A. & MacLeod, C. M. (1996). Individual differences in memory. In E. L. Bjork & R. A. Bjork (Hrsg.), *Memory* (S. 423–432). San Diego: Academic Press.
- Brown, C. & Hagoort, P. (1993). The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5(1), 34–44.
- 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(3), 261–281.
- Butterworth, B. (1983). Lexical representation. In B. Butterworth (Hrsg.), *Language production*, Band II: Development, writing and other language processes (S. 257–294). London: Academic Press.
- Centre for Lexical Information (1995). The celex lexical database. release 2. Max Planck Institute for Psycholinguistics, Nijmegen.
- Chwilla, D. J., Brown, C. M. & Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of level of processing. *Psychophysiology*, 32(3), 274–285.
- Chwilla, D. J., Kolk, H. H. J. & Mulder, G. (2000). Mediated priming in the lexical decision task: Evidence from event-related potentials and reaction time. *Journal of Memory and Language*, 42(3), 314–341.
- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407–428.
- Conrad, C. (1974). Context effects in sentence comprehension: A study of the subjective lexicon. *Memory & Cognition*, 2(1A), 130–138.
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusion in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55(1), 75–84.
- Coulson, S., King, J. W. & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: Event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, 13(1), 21–58.
- Cowan, N. (1993). Activation, attention, and short term memory. *Memory & Cognition*, 21(2), 162–167.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory. An integrated framework*. New York, NY, USA: Oxford University Press.
- Cowan, N. (1996). Short term memory, working memory, and their importance in language processing. *Topics in Language Disorders*, 17(1), 1–18.
- Cowan, N. (1998). Visual and auditory working memory capacity. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(3), 77–80.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Hrsg.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (S. 62–101). New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Craig, F. I. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 11(6), 671–684.
- Cutler, A., Mehler, J., Norris, D. & Segui, J. (1992). The monolingual nature of speech segmentation of bilinguals. *Cognitive Psychology*, 24(3), 381–410.

- Cutler, A. & Otake, T. (1994). Mora or phonemes? Further evidence for language-specific listening. *Journal of Memory and Language*, 33(6), 824–844.
- Dagenbach, D. & Carr, T. H. (1994). *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. San Diego, CA, US: Academic Press.
- Daneman, M. & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 19(4), 450–466.
- Daneman, M. & Merikle, P. (1996). Working memory and language comprehension: A meta analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(4), 422–433.
- Daneman, M. & Tardif, T. (1987). Working memory and reading skill re-examined. In M. Coltheart (Hrsg.), *Attention and performance 12* (S. 491–508). Hillsdale: Erlbaum.
- Deacon, D., Hewitt, S., Yang, C.-M. & Nagata, M. (2000). Event-related potentials indices of semantic priming using masked and unmasked words: evidence that the N400 does not reflect a post-lexical process. *Cognitive Brain Research*, 9, 137–146.
- Deacon, D., Mehta, A., Tinsley, C. & Nousak, J. M. (1995). Variation in the latencies and amplitudes of N400 and NA as a function of semantic priming. *Psychophysiology*, 32, 560–570.
- Demb, J. B., Desmond, J. E., Wagner, A. D., Vaidya, C. J., Glover, G. & Gabrieli, J. (1995). Semantic encoding and retrieval in the left inferior prefrontal cortex: A functional MRI study of task difficulty and process specificity. *Journal of Neuroscience*, 15(9), 5870–5878.
- Dempster, F. N. & Brainerd, C. J. (1995). *Interference and inhibition in cognition*. San Diego, CA, US: Academic Press.
- D'Esposito, M., Postle, B. R. & Rypma, B. (2000). Prefrontal cortical contributions to working memory: evidence from event-related fMRI studies. *Experimental Brain Research*, 133, 3–11.
- Dien, J., Frishkoff, G. A. & Tucker, D. M. (2000). Differentiating the N3 and N4 electrophysiological semantic incongruity effects. *Brain and Cognition*, 43(1-2), 148–152.
- Doyle, M. C., Rugg, M. D. & Wells, T. (1996). A comparison of the electrophysiological effects of formal and repetition priming. *Psychophysiology*, 33(2), 132–147.
- Drews, E. (1996). Morphological priming. *Language and Cognitive Processes*, 11(6), 629–634.
- Duffy, S. A., Morris, R. K. & Rayner, K. (1988). Lexical ambiguity and fixation time in reading. *Journal of Memory and Language*, 27(4), 429–446.
- Dumay, N., Benraïess, A., Barriol, B., Colin, C., Radeau, M. & Besson, M. (2001). Behavioral and electrophysiological study of phonological priming between bisyllabic spoken words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(1), 121–143.
- Ebbinghaus, H. (1992, Neuausgabe der 1. Auflage von 1885). *Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Embick, D., Hackl, M., Schaeffer, J., Kelepir, M. & Marantz, A. (2001). A magnetoencephalographic component whose latency reflects lexical frequency. *Cognitive Brain Research*, 10, 345–348.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E. & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309–331.
- Federmeier, K. D. & Kutas, M. (2001). Meaning and modality: Influences of context, semantic memory organization, and perceptual predictability on picture processing. *Journal of Experimental Psychology*, 27(1), 202–224.
- Ferreira, F. & Clifton, C. (1986). The independence of syntactic processing. *Journal of Memory and Language*, 25(3), 348–368.
- Fleischer, W. & Barz, I. (1995). *Wortbildung der deutschen Gegenwartssprache*. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.
- Forster, K. I. & Bednall, E. S. (1976). Terminating and exhaustive search in lexical access. *Memory & Cognition*, 4(1), 53–61.

- Frazier, L. (1987). Sentence processing: A tutorial review. In M. Coltheart (Hrsg.), *Attention and Performance 12: The psychology of reading* (S. 559–586). Hove, England, UK: Lawrence Erlbaum Associates.
- Frazier, L. & Clifton, Jr., C. (1996). *Construal*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Friederici, A. D. (im Druck). The neural basis of sentence processing: A neurocognitive model. *Cognition (Special Issue)*.
- Friederici, A. D., Hahne, A. & Mecklinger, A. (1996). The temporal structure of syntactic parsing: Early and late event-related brain potential effects elicited by syntactic anomalies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 22, 1219–1248.
- Friederici, A. D., Pfeifer, E. & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1, 3.
- Friederici, A. D., Steinhauer, K., Mecklinger, A. & Meyer, M. (1998). Working memory constraints on syntactic ambiguity resolution as revealed by electrical brain responses. *Biological Psychology*, 47, 193–221.
- Frisch, S. (2000). *Verb-Argument-Struktur, Kasus und thematische Interpretation beim Sprachverstehen*. Leipzig: MPI Series in Cognitive Neuroscience 12.
- Gall, F. J. & Spurzheim, J. C. (1809). *Untersuchungen über die Anatomie des Nervensystems überhaupt und die des Gehirns insbesondere*. Paris, Strassburg.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. & Mangun, G. R. (1998). *Cognitive neuroscience: the biology of the mind*. New York, London: W.W. Norton & Company.
- Gernsbacher, M. A. (1993). Less skilled readers have less efficient suppression mechanisms. *Psychological Science*, 4(5), 294–298.
- Gernsbacher, M. A. & Faust, M. (1991a). The role of suppression in sentence comprehension. In G. B. Simpson (Hrsg.), *Understanding Word and Sentence* (S. 97–128). North-Holland: Elsevier.
- Gernsbacher, M. A. & Faust, M. E. (1991b). The mechanism of suppression: A component of general comprehension skill. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 17(2), 245–262.
- Gernsbacher, M. A. & Robertson, R. R. (1995). Reading skill and suppression revisited. *Psychological Science*, 6(3), 165–169.
- Grainger, J. & Jacobs, A. M. (1999). Temporal integration of information in orthographic priming. *Visual Cognition*, 6(3-4), 461–492.
- Grainger, J., van Kang, M. N. & Segui, J. (2001). Cross-modal repetition priming of heterographic homophones. *Memory & Cognition*, 29(1), 53–61.
- Greenhouse, S. W. & Geisser, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24, 95–112.
- Gunter, T. C., Friederici, A. D. & Schriefers, H. (2000). Syntactic gender and semantic expectancy: ERPs reveal early autonomy and late interaction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4), 556–568.
- Gunter, T. C., Jackson, J. L. & Mulder, G. (1992). An electrophysiological study of semantic processing in young and middle-aged academics. *Psychophysiology*, 29(1), 38–54.
- Gunter, T. C., Stowe, L. A. & Mulder, G. (1997). When syntax meets semantics. *Psychophysiology*, 34(6), 660–676.
- Gunter, T. C., Wagner, S. & Friederici, A. D. (im Druck). Working memory and lexical ambiguity resolution as revealed by ERPs: a difficult case for activation theories. *Journal of Cognitive Neuroscience*.
- Hagoort, P. & Brown, C. (1994). Brain responses to lexical ambiguity resolution and parsing. In C. J. Clifton, L. Frazier & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 45–80). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hagoort, P. & Brown, C. (2000). ERP effects of listening to speech: Semantic ERP effects. *Neuropsychologia*, 38(11), 1518–1530.

- Hahne, A. (1998). *Charakteristika syntaktischer und semantischer Prozesse bei der auditiven Sprachverarbeitung: Evidenz aus ereigniskorrelierten Potentialstudien*. Leipzig: MPI Series in Cognitive Neuroscience 1.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Hrsg.), *The Psychology of Learning and Motivation. Advances in Research and Theory*, Band 22 (S. 193–225). New York, San Francisco, London: Academic Press.
- Hogaboam, T. W. & Perfetti, C. A. (1975). Lexical ambiguity and sentence comprehension. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 14(3), 265–274.
- Holcomb, P. J. (1988). Automatic and attentional processing: An event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, 35(1), 66–85.
- Holcomb, P. J. & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming: A comparison using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5(4), 281–312.
- Holmes, V. M. (1979). Accessing ambiguous words during sentence comprehension. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31(4), 569–589.
- Hyönä, J. & Pollatsek, A. (1998). Reading Finnish compound words: Eye fixations are affected by component morphemes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 24(6), 1612–1627.
- Inhoff, A. W., Radach, R. & Heller, D. (2000). Complex Compounds in German: Interword Spaces Facilitate Segmentation but Hinder Assignment of Meaning. *Journal of Memory and Language*, 42, 23–50.
- Isel, F., Gunter, T. C. & Friederici, A. D. (im Druck). Prosody assisted head driven access to german compounds. *Journal of Experimental Psychology*.
- James, W. (1890/1950). *The Principles of Psychology*, Band II. New York: Dover Publications, Inc.
- Jonides, J. & Smith, E. E. (1997). The architecture of working memory. In M. D. Rugg (Hrsg.), *Cognitive Neuroscience* (S. 243–276). Hove East Sussex: Psychology Press.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99(1), 122–149.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. & Jessell, T. M. (1995). *Neurowissenschaften*. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- Katz, J. J. & Fodor, J. A. (1963). The structure of a semantic theory. *Language*, 39, 170–210.
- Keller, R. (1994). *Sprachwandel: von der unsichtbaren Hand in der Sprache*. Tübingen: Francke.
- King, Jonathan, W. & Kutas, M. (1998). Neural plasticity in the dynamics of human visual word recognition. *Neuroscience Letters*, 244, 61–64.
- Kölsch, S. (2000). *Brain and Music. A contribution to the investigation of central auditory processing with a new electrophysiological approach*. Leipzig: MPI Series in Cognitive Neuroscience 11.
- Kutas, M. & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(12), 463–470.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203–205.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307(5947), 161–163.
- Labov, W. (1973). The structure of words and their meanings. In C.-J. N. Bailey & R. Shuy (Hrsg.), *New ways of analysing variation in English*. Washington: Georgetown University Press.
- Lahiri, A. & Marslen-Wilson, W. (1991). The mental representation of lexical form: A phonological approach to the recognition lexicon. *Cognition*, 38(3), 245–294.
- Lively, S. E., Pisoni, D. B. & Goldinger, S. D. (1994). Spoken word recognition. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 265–301). San Diego: Academic Press.
- Longoni, A., Richardson, J. & Aiello, A. (1993). Articulatory rehearsal and phonological storage in working memory. *Memory & Cognition*, 21(1), 11–22.

- Marslen-Wilson, W. & Welsh, A. (1978). Processing interactions and lexical access during word recognition in continuous speech. *Cognitive Psychology*, 10(1), 29–63.
- Marslen-Wilson, W. D. (1987). Functional parallelism in spoken word recognition. *Cognition*, 25(1-2), 71–102.
- Martin, A. & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current Opinion in Neurobiology*, 11, 194–201.
- McNamara, D. S. & Scott, J. L. (2001). Working memory capacity and strategy in use. *Memory & Cognition*, 29(1), 10–17.
- McPherson, B. W., Ackerman, P. T., Holcomb, P. J. & Dykman, R. A. (1998). Event-related brain potentials elicited during phonological processing differentiate subgroups of reading disabled adolescents. *Brain and Language*, 62(2), 163–185.
- Michael, E. B., Keller, T. A., Carpenter, P. A. & Just, M. A. (2001). fMRI investigation of sentence comprehension by eye and by ear: Modality fingerprints on cognitive processes. *Human Brain Mapping*, 13, 239–252.
- Miyake, A., Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1994). Working memory constraints on the resolution of lexical ambiguity: Maintaining multiple interpretations in neutral contexts. *Journal of Memory and Language*, 33(2), 175–202.
- Miyake, A. & Shah, P. (1999). *Models of working memory: mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press.
- Moss, H. E., McCormick, S. F. & Tyler, L. K. (1997). The time course of activation of semantic information during spoken word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 12(5-6), 695–731.
- Nako, M. & Miyatani, M. (1999). The effects of context and expectancy on N400. *Japanese Journal of Physiological Psychology & Psychophysiology*, 17(1), 21–31.
- Neville, H. (1985). Biological constraints on semantic processing: A comparison of spoken and signed languages. *Psychophysiology*, 22(5), 576.
- Neville, H. J., Nicol, J. L., Barss, A., Forster, K. I. & Garrett, M. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(2), 151–165.
- Ni, W., Crain, S. & Shankweiler, D. (1996). Sidestepping garden paths: Assessing the contributions in syntax, semantics and plausibility in resolving ambiguities. *Language and Cognitive Processes*, 11(3), 283–334.
- Nicholls, J. G., Martin, A. R. & Wallace, B. G. (1995). *Vom Neuron zum Gehirn*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, Jena, New York.
- Nobre, A. C. & McCarthy, G. (1994). Language-related ERPs: Scalp distributions and modulation by word type and semantic priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6(3), 233–255.
- Oberauer, K., Demmrich, A., Mayr, U. & Kliegl, R. (2001). Dissociating retention and access in working memory: An age-comparative study of mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 29(1), 18–33.
- Onifer, W. & Swinney, D. A. (1981). Accessing lexical ambiguities during sentence comprehension: Effects of frequency of meaning and contextual bias. *Memory & Cognition*, 9(3), 225–236.
- Osterhout, L., Bersick, M. & McLaughlin, J. (1997). Brain potentials reflect violations of gender stereotypes. *Memory & Cognition*, 25(3), 273–285.
- Osterhout, L., Holcomb, P. J. & Swinney, D. A. (1994). Brain potentials elicited by garden-path sentences: Evidence of the application of verb information during parsing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 20(4), 786–803.
- Osterhout, L. & Mobley, L. A. (1995). Event-related brain potentials elicited by failure to agree. *Journal of Memory and Language*, 34(6), 739–773.
- Peng, D., Li, W., Li, R. & Liu, Y. (1999). Information processing of chinese compound words. *Psychologia: an International Journal of Psychology in the Orient*, 42(4), 252–266.

- Perfetti, C. A. (1999). Comprehending written language: a blueprint of the reader. In P. Hagoort & C. Brown (Hrsg.), *Neurocognition of language processing* (S. 167–208). Oxford: Oxford University Press.
- Perfetti, C. A. & Roth, S. (1981). Some of the interactive processes in reading and their role in reading skill. In A. M. Lesgold & C. A. Perfetti (Hrsg.), *Interactive Processes in Reading* (S. 269–297). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Snyder, A. Z. & Raichle, M. E. (1990). Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli. *Science*, 249(4972), 1041–1044.
- van Petten, C. & Kutas, M. (1987). Ambiguous words in context: An event-related potential analysis of the time course of meaning activation. *Journal of Memory and Language*, 26(2), 188–208.
- van Petten, C. & Kutas, M. (1989). Tracking the time course of meaning activation. In S. L. Small, G. W. Cottrell & M. K. Tanenhaus (Hrsg.), *Lexical ambiguity resolution: Perspectives from Psycholinguistics, Neuropsychology, and Artificial Intelligence* (S. 431–475). San Mateo, California: Morgan Kaufmann Publishers.
- van Petten, C. & Kutas, M. (1990). Interactions between sentence context and word-frequency in event-related brain potentials. *Memory & Cognition*, 18(4), 380–393.
- van Petten, C. & Kutas, M. (1991). Electrophysiology and lexical processing. In G. B. Simpson (Hrsg.), *Understanding Word and Sentence* (S. 129–174). North-Holland: Elsevier Science Publishers.
- Pfeifer, W. (1990). *Etymologisches Wörterbuch des Deutschen*. Berlin: Akademie-Verlag.
- Pinkal, M. (1985). Kontextabhängigkeit, Vagheit, Mehrdeutigkeit. In C. Schwarze & D. Wunderlich (Hrsg.), *Handbuch der Lexikologie* (S. 27–63). Königstein: Athenäum.
- Poldrack, R. A., Wagner, A. D., Prull, M. W., Desmond, J. E., Glover, G. H. & Gabrieli, J. D. E. (1999). Functional specialization for semantic and phonological processing in the left inferior prefrontal cortex. *NeuroImage*, 10, 15–35.
- Pollatsek, A., Hyönä, J. & Bertram, R. (2000). The role of morphological constituents in reading Finnish compound words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 26(2), 820–833.
- Pylkkänen, L., Stringfellow, A., Kelepir, M. & Marantz, A. (2001). Separating lexical access from decision: an MEG study. WWW, Juni 2001, <http://web.mit.edu/liina/www>.
- Regan, D. (1989). *Human Brain Electrophysiology. Evoked Potentials and Evoked Magnetic Fields in Science and Medicine*. Elsevier Science Publishing Co.
- Rösler, F. & Hahne, A. (1993). Hirnelektrische Potentiale des Sprachverstehens: Zur psycholinguistischen Bedeutung der N400 im EEG. *Sprache & Kognition*, 11, 149–161.
- Ruchkin, D. S., Canoune, H. L., Johnson, R. & Ritter, W. (1995). Working memory and preparation elicit different patterns of slow wave event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 32(4), 399–410.
- Ruchkin, D. S., Johnson, R., Canoune, H. & Ritter, W. (1990). Short-term memory storage and retention: An event-related brain potential study. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 76(5), 419–439.
- Rugg, M. D. (1990). Event-related potentials dissociate repetition effects of high- and low- frequency words. *Memory & Cognition*, 18, 367–379.
- Samms, M., Hari, R., Rif, J. & Knuutila, J. (1993). The human auditory sensory memory trace persists about 10 sec: Neuromagnetic evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5(3), 363–370.
- 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(3-A), 529–567.
- Schriefers, H., Friederici, A. D. & Kühn, K. (1995). The processing of locally ambiguous relative clauses in German. *Journal of Memory and Language*, 34(4), 499–520.
- Schriefers, H., Zwitserlood, P. & Roelofs, A. (1991). The identification of morphologically complex spoken words: continuous processing or decomposition? *Journal of Memory and Language*, 30, 26–47.

- Schvaneveldt, R. W., Meyer, D. E. & Becker, C. A. (1976). Lexical ambiguity, semantic context, and visual word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 2(2), 243–256.
- Schwanenflugel, P. J. (1986). Completion norms for final words of sentences using a multiple production measure. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 18(4), 363–371.
- Segui, J., Dupoux, E. & Mehler, J. (1990). The role of the syllable in speech segmentation, phoneme identification, and lexical access. In G. T. M. Altmann (Hrsg.), *Cognitive models of speech processing: Psycholinguistic and computational perspectives* (S. 263–280). Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Seidenberg, M. S., Tanenhaus, M. K., Leiman, J. M. & Bienkowski, M. (1982). Automatic access of the meanings of ambiguous words in context: Some limitations of knowledge-based processing. *Cognitive Psychology*, 14(4), 489–537.
- Sereno, S. C., Rayner, K. & Posner, M. I. (1998). Establishing a time-line of word recognition: evidence from eye movements and event-related potentials. *Neuroreport*, 9, 2195–2200.
- Shah, P. & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 4–27.
- Simpson, G. B. (1981). Meaning dominance and semantic context in the processing of lexical ambiguity. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 20(1), 120–136.
- Simpson, G. B. & Krueger, M. (1991). Selective access of homograph meanings in sentence context. *Journal of Memory and Language*, 30(6), 627–643.
- Sonnenstuhl, I., Eisenbeiss, S. & Clahsen, H. (1999). Morphological priming in the German mental lexicon. *Cognition*, 72(3), 203–236.
- Steinhauer, K. (2001). *Hirnhysiologische Korrelate prosodischer Satzverarbeitung bei gesprochener und geschriebener Sprache*. Leipzig: MPI Series in Cognitive Neuroscience 18.
- Steinhauer, K., Alter, K. & Friederici, A. D. (1999). Brain potentials indicate immediate use of prosodic cues in natural speech processing. *Nature Neuroscience*, 2(2), 191–196.
- Stolz, J. A. & Besner, D. (1998). Levels of representation in visual word recognition: A dissociation between morphological and semantic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 24(6), 1642–1655.
- Swaab, T. Y., Brown, C. & Hagoort, P. (1998). Understanding ambiguous words in sentence contexts: electrophysiological evidence for delayed contextual selection in Broca's aphasia. *Neuropsychologia*, 36(8), 737–761.
- Swinney, D. A. (1979). Lexical access during sentence comprehension: (re)consideration of context effects. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 18(6), 645–659.
- Swinney, D. A. (1991). The resolution of inter-determinacy during language comprehension: Perspectives on modularity in lexical, structural and pragmatic process. In G. B. Simpson (Hrsg.), *Understanding Word and Sentence* (S. 367–385). North-Holland: Elsevier.
- Tabossi, P. (1988). Accessing lexical ambiguity in different types of sentential contexts. *Journal of Memory and Language*, 27, 325–340.
- Tabossi, P. (1996). Cross-modal semantic priming. *Language and Cognitive Processes*, 11(6), 569–576.
- Tabossi, P. & Zardon, F. (1993). Processing ambiguous words in context. *Journal of Memory and Language*, 32(3), 359–372.
- Taft, M. & Forster, K. (1975). Lexical storage and retrieval of prefixed words. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 14(6), 638–647.
- Tirre, W. C. & Pena, C. M. (1992). Investigation of functional working memory in the reading span test. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 462–472.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Hrsg.), *Organization of memory* (S. 381–403). New York: Academic Press.

- Turner, M. & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent? *Journal of Memory and Language*, 28, 127–154.
- Twilley, L. C. & Dixon, P. (2000). Meaning resolution processes for words: A parallel independent model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7(1), 49–82.
- Vos, S. F., Gunter, T. C., Kolk, H. H. & Mulder, G. (2001). Working memory constraints on syntactic processing: An electrophysiological investigation. *Psychophysiology*, 38, 41–63.
- Vu, H., Kellas, G. & Paul, S. T. (1998). Sources of sentence constraint on lexical ambiguity resolution. *Memory & Cognition*, 26(5), 979–1001.
- Wagner, A. D., Desmond, J. E., Domb, J. B., Glover, G. H. & Gabrieli, J. D. E. (1997). Semantic repetition priming for verbal and pictorial knowledge: A functional MRI study of left inferior prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 714–726.
- Waters, G. S. & Caplan, D. (1996). The measurement of verbal working memory capacity and its relation to reading comprehension. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A(1), 51–79.
- Young, R. M. & Lewis, R. L. (1999). The soar cognitive architecture and human working memory. In A. Miyake & P. Shah (Hrsg.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (S. 224–256). New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Zacks, R. T. & Hasher, L. (1994). Directed ignoring: Inhibitory regulation of working memory. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Hrsg.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (S. 241–264). San Diego, CA, US: Academic Press.
- Zhou, X. & Marslen-Wilson, W. (2000). Lexical representation of compound words: cross-linguistic evidence. *Psychologia*, 43, 47–66.
- Zhou, X., Marslen-Wilson, W., Taft, M. & Shu, H. (1999). Morphology, orthography, and phonology in reading chinese compound words. *Language and Cognitive Processes*, 14(5-6), 525–565.
- Zschocke, S. (1995). *Klinische Elektroenzephalographie*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Zwitserslood, C. M. E. (1989a). *Words and sentences: The effects of sentential-semantic context on spoken-word processing*. Max-Planck Institute for Psycholinguistics, Nijmegen, the Netherlands.
- Zwitserslood, P. (1989b). The locus of the effects of sentential-semantic context in spoken-word processing. *Cognition*, 32, 25–64.
- Zwitserslood, P. (1994). The role of semantic transparency in the processing and representation of dutch compounds. *Language and Cognitive Processes*, 9(3), 341–368.
- Zwitserslood, P., Schriefers, H., Lahiri, A. & Vandonselaar, W. (1993). The role of syllables in the perception of spoken dutch. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 19(2), 260–271.



# Abbildungsverzeichnis

2.1	Potentialentstehung . . . . .	13
2.2	Erweitertes 10-20-System . . . . .	14
2.3	EKP Methode . . . . .	15
4.1	Speichern und Prozessieren im Arbeitsgedächtnis . . . . .	37
4.2	Hierarchisches Gedächtnismodell von Cowan . . . . .	38
6.1	Experiment 1: Standardablauf . . . . .	63
6.2	Experiment 1.1: N300/N400 . . . . .	67
6.3	Experiment 1.2: früher frontaler Effekt . . . . .	68
6.4	Experiment 1.2: frontaler vs. zentral-posteriorer Effekt . . . . .	69
6.5	Experiment 1.3: keine Effekte . . . . .	70
6.6	Experiment 1.1: späte Negativierungen . . . . .	72
6.7	Experiment 1.2: späte Negativierungen . . . . .	72
6.8	Experiment 1.3: späte Negativierungen . . . . .	72
6.9	Experiment 1.1: Potentialkarte für N300- und N400-Effekt . . . . .	75
6.10	Experiment 1.1: N300-Komponenten der drei Targettypen . . . . .	76
6.11	Experiment 1.2: frühe Negativierung bei großer Lesespanne . . . . .	79
6.12	Experiment 1.2: keine frühe Negativierung bei kleiner Lesespanne . . . . .	79
7.1	Experiment 2: Standardablauf . . . . .	86
7.2	Experiment 2.1: EKPs zwischen 300 und 500 ms . . . . .	88
7.3	Experiment 2.1: N300/N400 bei großer Lesespanne . . . . .	89
7.4	Experiment 2.1: kein N300/N400-Effekt bei geringer Lesespanne . . . . .	90

7.5	Experiment 2.2: zentro-parietale N400 . . . . .	91
7.6	Experiment 2.3: N300/N400-Effekt für alle Versuchspersonen . . . . .	92
7.7	Experiment 2.1: keine späte Negativierung . . . . .	92
7.8	Experiment 2.2: späte Negativierung . . . . .	93
7.9	Experimente 2.1 & 2.2: Negativierung für subordinierte Targets bei großer Lesespanne . . . . .	97
8.1	Experiment 3: Grundaufbau . . . . .	105
8.2	Experiment 3: Sänger/Töpfer, alle Versuchspersonen . . . . .	109
8.3	Experiment 3: DD/SS vs DS/SD, alle Versuchspersonen . . . . .	110
8.4	Experiment 3: Umschalten nach dominantem Hinweisreiz . . . . .	111
8.5	Experiment 3: Umschalten nach subordiniertem Hinweisreiz . . . . .	112
8.6	Experiment 3: Verben bei großer Lesespanne . . . . .	113
8.7	Experiment 3: Verben bei geringer Lesespanne . . . . .	114
9.1	Experimente 3 & 4: Sänger/Töpfer bei großer Lesespanne . . . . .	122
9.2	Experimente 3 & 4: Sänger/Töpfer bei kleiner Lesespanne . . . . .	123
9.3	Experiment 4: Verb-Position, alle Versuchspersonen . . . . .	124
9.4	Experiment 4: Umschalten nach dominantem Hinweisreiz . . . . .	126
9.5	Experiment 4: Umschalten nach subordiniertem Hinweisreiz . . . . .	127
9.6	Experiment 4: Verbposition bei großer Lesespanne . . . . .	128
9.7	Experiment 4: Verbposition bei kleiner Lesespanne . . . . .	129
9.8	Experimente 3 & 4: CZ für Nomenposition . . . . .	131
10.1	Experiment 5: Disambiguierungshinweis, alle Versuchspersonen . . . . .	137
10.2	Experiment 5: Verb-Position, alle Versuchspersonen . . . . .	138
10.3	Experiment 5: Hinweisreiz bei kleiner Lesespanne . . . . .	140
10.4	Experiment 5: Hinweisreiz bei großer Lesespanne . . . . .	141
11.1	Wirkungsweise von kontextueller und Frequenzinformation . . . . .	149
11.2	Einfluss von Frequenz und Kontext . . . . .	150

# Tabellenverzeichnis

6.1	Targettypen der Wortexperimente . . . . .	62
6.2	Experiment 1: Reaktionszeiten . . . . .	66
6.3	Experiment 1: N300/N400-Effekt . . . . .	77
6.4	Experiment 1: späte Negativierungen . . . . .	80
7.1	Experiment 2: Reaktionszeiten . . . . .	87
8.1	Experiment 3: Hypothesen für Hinweis-Position . . . . .	103
8.2	Experiment 3: Fehlerraten für alle Versuchspersonen . . . . .	108
9.1	Experiment 4: korrekte Antworten für alle Versuchspersonen . . . . .	121
9.2	Experimente 3 & 4: EKPs für Hinweis-Position . . . . .	130
10.1	Experiment 5: Fehlerraten . . . . .	136
A.1	Experiment 1.1: N300/N400-Effekt, alle Vpn . . . . .	171
A.2	Experiment 1.1: später <i>Arbeitsgedächtnis</i> -Haupteffekt . . . . .	172
A.3	Experiment 1.2: Flankeneffekt . . . . .	172
A.4	Experiment 1.2: <i>Arbeitsgedächtnis*Priming</i> -Interaktion . . . . .	173
A.5	Experiment 1.2: N300 bei großer Lesespanne . . . . .	173
A.6	Experimente 1.1 & 1.2: <i>Experiment*Arbeitsgedächtnis</i> -Interaktion . . . . .	174
A.7	Experimente 1.1 & 1.2: Gruppenanalyse für späten Effekt . . . . .	174
A.8	Experimente 1.1 & 1.3: Gruppenanalyse für späten Effekt . . . . .	175
A.9	Experiment 2.1: N400-Effekt, alle Vpn . . . . .	176
A.10	Experiment 2.1: <i>Arbeitsgedächtnis*Priming</i> -Interaktion . . . . .	177

A.11 Experiment 2.1: N300/N400-Effekt bei großer Lesespanne . . . . .	177
A.12 Experiment 2.2: N400-Effekt . . . . .	178
A.13 Experiment 2.2: späte Negativierung für subordinierte Targets . . . . .	178
A.14 Experiment 2.2: späte <i>Arbeitsgedächtnis*Priming</i> -Interaktion . . . . .	179
A.15 Experiment 2.2: späte Negativierung bei großer Lesespanne . . . . .	179
A.16 Experiment 2.2: späte Negativierung bei kleiner Lesespanne . . . . .	180
A.17 Experiment 2.3: N400-Effekt, alle Vpn . . . . .	180
A.18 Experiment 2.3: <i>Arbeitsgedächtnis*Priming</i> -Interaktion . . . . .	181
A.19 Experiment 2.3: N400 bei großer Lesespanne . . . . .	181
A.20 Experiment 3: Hinweis-Position, alle Vpn . . . . .	182
A.21 Experiment 3: <i>Umschalten</i> -Haupteffekt, alle Vpn . . . . .	183
A.22 Experiment 3: <i>Umschalten*Frequenz</i> -Interaktionen, alle Vpn . . . . .	183
A.23 Experiment 3: <i>Umschalten</i> -Effekt nach dominantem Hinweis (DD-DS), alle Vpn . . . . .	184
A.24 Experiment 3: <i>Umschalten</i> -Effekt nach subordiniertem Hinweis (SS-SD), alle Vpn . . . . .	184
A.25 Experiment 3: 3-Weg-Interaktion . . . . .	185
A.26 Experiment 3: <i>Umschalten</i> -Effekt bei großer Lesespanne . . . . .	185
A.27 Experiment 3: <i>Umschalten</i> -Effekt bei geringer Lesespanne . . . . .	186
A.28 Experiment 3: <i>Umschalten*Frequenz</i> -Interaktion, kleine Lesespanne . . .	186
A.29 Experiment 3: DD vs. DS, geringe Lesespanne . . . . .	187
A.30 Experiment 4: Hinweis-Position, alle Vpn . . . . .	188
A.31 Experimente 3 & 4: <i>Arbeitsgedächtnis*Frequenz</i> -Interaktion mit 24 Ver- suchspersonen pro Gruppe . . . . .	189
A.32 Experimente 3 & 4: <i>Frequenz</i> -Effekt bei großer Lesespanne . . . . .	189
A.33 Experiment 4: <i>Umschalten</i> -Haupteffekt, alle Vpn . . . . .	190
A.34 Experiment 4: <i>Umschalten*Frequenz</i> -Interaktionen, alle Vpn . . . . .	190
A.35 Experiment 4: <i>Umschalten</i> -Effekt nach dominantem Hinweis, alle Vpn . .	191
A.36 Experiment 4: <i>Umschalten</i> -Effekt nach subordiniertem Hinweis, alle Vpn	191
A.37 Experiment 4: 3-Weg-Interaktionen . . . . .	192
A.38 Experiment 4: <i>Umschalten</i> -Haupteffekt bei geringer Lesespanne . . . . .	192
A.39 Experiment 4: <i>Umschalten</i> -Haupteffekt bei großer Lesespanne . . . . .	193

A.40 Experiment 4: <i>Umschalten*Frequenz</i> -Interaktionen bei großer Lesespanne	193
A.41 Experiment 5: Hinweis-Position, alle Vpn . . . . .	194
A.42 Experiment 5: <i>Arbeitsgedächtnis*Frequenz</i> -Interaktionen . . . . .	195
A.43 Experiment 5: <i>Frequenz</i> -Effekt bei großer Lesespanne . . . . .	195
A.44 Experiment 5: (minimaler) Frequenzeffekt bei geringer Lesespanne . . . .	196
A.45 Experiment 5: <i>Umschalt</i> -Haupteffekt, alle Vpn . . . . .	196
A.46 Experiment 5: <i>Umschalten*Frequenz</i> -Interaktionen . . . . .	197
A.47 Experiment 5: <i>Umschalt</i> -Effekt nach dominantem Hinweis, alle Vpn . . .	197
A.48 Experiment 5: <i>Umschalten</i> -Effekt nach subordiniertem Hinweis, alle Vpn	198



# Anhang A

## Statistiken

### A.1 Experiment 1

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1	-	-		
FP2	-	-		
F7				
F3		-		
FZ	-	=	-	
F4	-	=	-	
F8	-	-		
FT7				
FC3	.	-	-	-
FC4	-	=	-	-
FT8	-	-		
T7			.	-
C3		-	.	-
CZ	-	-	-	-
C4		-	-	-
T8	-	-		-
CP5				-
CP6		-	-	-
P7		.	-	=
P3		.	-	=
PZ		.	-	-
P4		.	.	-
P8				-
O1				-
O2				-

Tabelle A.1: N300/N400-Effekt in Experiment 1.1.

Elektrode	Zeitfenster (ms)						
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950	bis 1000
FP1	.	-	-	-	-	-	
FP2		.	.	.	.	.	.
F7		-	-	-	-	-	
F3	-	-	-	-	-	-	.
FZ		.	.	.	.	.	.
F4		.	-	.	-	.	
F8							
FT7			.	.	.	.	
FC3		.	-	-	-	-	-
FC4						.	
FT8							
T7	.	.	-	.	-	-	.
C3	.	.	-	-	-	-	-
CZ							.
C4							.
T8							
CP5	.	.	-	.	-	.	
CP6							
P7							
P3							
PZ							.
P4							
P8							
O1							
O2							

Tabelle A.2: Später *Arbeitsgedächtnis*-Haupteffekt in Experiment 1.1.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1				
FP2				
F7				
F3				
FZ			-	
F4			-	
F8				
FT7				
FC3			-	
FC4		-	-	
FT8			-	
T7				-
C3			-	-
CZ			-	-
C4			-	-
T8			-	
CP5			.	=
CP6				-
P7				-
P3				-
PZ			.	-
P4				-
P8				-
O1				-
O2				

Tabelle A.3: Flankeneffekt in Experiment 1.2.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1		.		
FP2	-	-		
F7		.		
F3	-	.		
FZ	.	-		
F4	-	-	-	
F8	-	-		
FT7				
FC3				
FC4	-	-	.	
FT8	-	-	.	
T7				
C3				
CZ				
C4		-	.	
T8		-	-	
CP5				
CP6				
P7				
P3				
PZ				
P4				
P8				
O1				
O2				

Tabelle A.4: *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion in Experiment 1.2.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1		.		
FP2*	.	.		
F7				
F3*	-			
FZ*	.			
F4*	.	.	.	
F8*				
FT7				
FC3				
FC4*		.	.	
FT8*	.	-	-	
T7				
C3				
CZ				
C4*		.	-	
T8*		-	-	
CP5				
CP6				
P7				
P3				
PZ				
P4				
P8				
O1				
O2				

Tabelle A.5: N300 bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne in Experiment 1.2. Versuchspersonen mit geringer Lesespanne zeigten bei gleicher Analyse keine Effekte. Analysiert wurden nur Elektroden mit *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion(\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)						
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950	bis 1000
FP1			.		.	-	
FP2						.	
F7			.		-	-	
F3	.	-	-	.	=	=	
FZ			-		-	-	
F4	.	-	-	.	-	=	
F8			.		.	.	
FT7			.		-	-	
FC3			.		-	-	
FC4			.			.	
FT8					-	.	
T7	-		.		-	-	
C3			.		-	-	
CZ					.	.	
C4							
T8							
CP5			.		-	.	
CP6					.		
P7							
P3							
PZ							
P4							
P8							
O1							
O2							

Tabelle A.6: Späte *Experiment\*Arbeitsgedächtnis*-Interaktion für den Vergleich zwischen Versuchspersonen mit großer und kleiner Lesespanne der Experimente 1 & 2.

Elektrode	Zeitfenster (ms)						
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950	bis 1000
FP1*	.	.	.		.	.	
FP2							
F7*		-	-	-	-	-	
F3*	-	-	-	-	-	-	-
FZ*							
F4*						.	
F8							
FT7*	-	.	-	-	-	.	
FC3*	-	-	-	-	-	-	-
FC4							
FT8*	.				-	.	
T7*	-	-	-	-	-	-	-
C3*	-	-	-	-	-	-	.
CZ							
C4							
T8							
CP5*	-	.	.	.	-		
CP6							
P7							
P3							
PZ							
P4							
P8							
O1							
O2							

Tabelle A.7: Späte Negativierungen bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne aus Experiment 1.1 und beiden Gruppen aus Experiment 1.2, analysiert wurden nur Elektroden mit *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion(\*). Die identische Analyse mit Versuchspersonen kleiner Lesespanne von Experiment 1.1 erbrachte keinerlei Unterschiede zwischen der Versuchspersonengruppen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)						
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950	bis 1000
FP1 FP2							
F7 F3 FZ F4 F8		.	.	.	.	.	.
FT7 FC3 FC4 FT8	.	-	-	-	=	-	=
T7 C3 CZ C4 T8	-	-	-	-	-	=	-
CP5 CP6							
P7 P3 PZ P4 P8							
O1 O2							

Tabelle A.8: Späte Negativierung bei großer Lesespanne in Experiment 1.1 im geplanten Vergleich zu beiden Spannen in Experiment 1.3. Versuchspersonen mit kleiner Lesespanne aus Experiment 1.1 ohne signifikante Unterschiede.

## A.2 Experiment 2

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8	-	-		
FT7 FC3 FC4 FT8	- -	. -	- -	- -
T7 C3 CZ C4 T8	. - . .	- -	- -	. - - -
CP5 CP6			- -	- =
P7 P3 PZ P4 P8			- - - . .	- = - = -
O1 O2			- -	= =

Tabelle A.9: N400-Effekt über die gesamte Gruppe in Experiment 2.1, dominante Targets am Ende des Kompositums.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2	.		-	.
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8	-	-	-	.
T7 C3 CZ C4 T8				
CP5 CP6	-	-	-	
P7 P3 PZ P4 P8	-	-	-	.
O1 O2	-	-		

Tabelle A.10: *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion im Zeitfenster des N400-Effekts in Experiment 2.1.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8*				
FT7 FC3 FC4 FT8*	-	-	-	
T7 C3 CZ C4 T8				
CP5* CP6*	-	.	-	.
P7* P3 PZ P4* P8*	.	-	=	-
O1* O2*	-	-	-	-

Tabelle A.11: N300/N400-Effekt für Versuchspersonen mit großer Lesespanne in Experiment 2.1 mit dominant relatierten Targetwörtern am Ende des Kompositums, analysiert wurden nur Elektroden mit *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion(\*). Keine Effekte für Versuchspersonen mit geringer Lesespanne.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				-
FT7 FC3 FC4 FT8			.	.
T7 C3 CZ C4 T8		-	-	-
CP5 CP6		-	-	-
P7 P3 PZ P4 P8		-	=	=
O1 O2	-	-	=	-

Tabelle A.12: N400-Effekt in Experiment 2.2, subordinierte Targets am Ende des Kompositums, keine Gruppenunterschiede.

Elektrode	Zeitfenster (ms)						
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950	bis 1000
FP1 FP2	.						
F7 F3 FZ F4 F8	- = - - -	- - . - -	- - - - -	. - . . -	. - - - -	. - - - .	. - - - .
FT7 FC3 FC4 FT8	- = - -	. = - -	. = - =	. - . .	. = - =	. = - -	. = - -
T7 C3 CZ C4 T8	- - - - -	. = - - -	. - - - -	. - . . .	. - - - -	. - - - .	. - - - .
CP5 CP6	- .	= -	- .	. .	- -	- .	- .
P7 P3 PZ P4 P8	. - - . .	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - .
O1 O2							

Tabelle A.13: Späte Negativierung für subordinierte Targets in Experiment 2.2.

Elektrode	Zeitfenster (ms)						
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950	bis 1000
FP1 FP2							
F7 F3 FZ F4 F8	.	-	-	.	-	-	.
FT7 FC3 FC4 FT8	.	-	-	.	-	-	.
T7 C3 CZ C4 T8	-	-	.	-	.	-	.
CP5 CP6		-			-		
P7 P3 PZ P4 P8	.	-			-	.	.
O1 O2		-			-	.	

Tabelle A.14: *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion bei später Negativierung für subordinierte Targets in Experiment 2.2.

Elektrode	Zeitfenster (ms)						
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950	bis 1000
FP1 FP2							
F7 F3* FZ F4 F8	=	-	-	-	-	-	
FT7 FC3* FC4 FT8*	-	-	-	-	-	=	-
T7* C3* CZ* C4* T8*	-	=	-	-	-	=	
CP5* CP6	-	-	-	-	-	-	
P7* P3* PZ* P4 P8*	-	-	-	-	.	-	
O1* O2*	.	-	.		.		

Tabelle A.15: Späte Negativierung für subordinierte Targets bei großer Lesespanne in Experiment 2.2, analysiert wurden Elektroden mit *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitraum (ms)					
	650-700	bis 750	bis 800	bis 850	bis 900	bis 950 bis 1000
FP1 FP2						
F7 F3* FZ F4 F8	-					.
FT7 FC3* FC4 FT8*	-	.	-	-	.	-
T7* C3* CZ* C4* T8*	-	-	.	.	.	.
CP5* CP6	-	-	.			
P7* P3* PZ* P4 P8*	.	.	.			
O1* O2*						

Tabelle A.16: Späte Negativierung für subdinierte Targets bei kleiner Lesespanne in Experiment 2.2, analysiert wurden Elektroden mit *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitraum (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				.
F7 F3 FZ F4 F8		-	-	.
FT7 FC3 FC4 FT8	-	-	-	-
T7 C3 CZ C4 T8	.	.	-	-
CP5 CP6	-	-	=	=
P7 P3 PZ P4 P8			=	=
O1 O2			.	=

Tabelle A.17: N400-Effekt in Experiment 2.3, dominante Targets 400 ms nach dem Ende des am-  
bigen Wortes.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8				
T7 C3 CZ C4 T8		-		.
CP5 CP6		.		-
P7 P3 PZ P4 P8		-		-
O1 O2		-		-

Tabelle A.18: *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion in Experiment 2.3, dominante Targets 400 ms nach dem Ende des ambigen Wortes.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8				
T7 C3 CZ C4* T8*		-		-
CP5 CP6*		-		-
P7 P3 PZ* P4* P8*		.	.	-
O1 O2*				-

Tabelle A.19: N400 bei großer Lesespanne in Experiment 2.3, dominante Targets 400 ms nach dem Ende des ambigen Wortes, analysiert wurden nur Elektroden mit *Arbeitsgedächtnis\*Priming*-Interaktion(\*)

### A.3 Experiment 3

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1		.	-	-
FP2		.	.	.
F7		-	-	-
F3		-	-	-
FZ		-	-	-
F4		-	-	-
F8		.	-	-
FT7		-	-	-
FC3		-	-	-
FC4		.	-	-
FT8		.	.	.
T7		-	-	.
C3		-	=	-
CZ		-	=	-
C4		-	-	-
T8		-	-	-
CP5		-	=	-
CP6		.	-	-
P7		.	-	-
P3		-	=	-
PZ		.	-	-
P4		.	-	-
P8		.	.	.
O1			-	-
O2			-	-

Tabelle A.20: Hinweis-Position in Experiment 3, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1	—	—	·	
FP2	—	—	·	
F7	·	·	—	—
F3	—	—	—	—
FZ	—	—	—	—
F4	—	—	—	—
F8	—	—	—	—
FT7	·	—	—	—
FC3	—	—	—	—
FC4	—	—	—	—
FT8	—	—	—	·
T7	—	—	—	·
C3	—	—	—	—
CZ	—	—	—	—
C4	—	—	—	—
T8	—	—	—	·
CP5	—	—	—	—
CP6	—	—	—	—
P7	·	—	—	—
P3	·	—	—	—
PZ	—	—	—	—
P4	—	—	—	—
P8	—	—	—	—
O1	—	—	—	—
O2	—	—	—	—

Tabelle A.21: Verb-Position in Experiment 3, *Umschalten*-Haupteffekt, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1	—	—	·	
FP2	—	—	·	
F7	—	—	—	—
F3	—	—	—	—
FZ	—	—	—	—
F4	—	—	—	·
F8	—	—	—	—
FT7	—	—	—	—
FC3	—	—	—	—
FC4	—	—	—	—
FT8	—	—	—	—
T7	·	—	—	—
C3	—	—	—	—
CZ	—	—	—	—
C4	—	—	—	—
T8	—	—	—	—
CP5		·	—	—
CP6		·	·	·
P7		·	·	—
P3		·	—	—
PZ	·	·	·	—
P4				·
P8				·
O1			·	—
O2				·

Tabelle A.22: Verb-Position in Experiment 3, *Umschalten*\**Frequenz*-Interaktionen, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1*	-	-	-	
FP2*	=	-	-	
F7*	-	-	-	.
F3*	=	=	=	-
FZ*	=	=	=	-
F4*	=	=	=	-
F8*	=	=	=	-
FT7*	-	-	=	-
FC3*	=	=	=	=
FC4*	=	=	=	=
FT8*	=	=	=	-
T7*	-	=	=	=
C3*	=	=	=	=
CZ*	=	=	=	=
C4*	=	=	=	=
T8*	.	.	-	-
CP5*	-	=	=	=
CP6				
P7*		-	=	=
P3*	-	=	=	=
PZ*	-	=	=	=
P4				
P8				
O1*	-	=	=	=
O2				

Tabelle A.23: Umschalten-Effekt nach dominantem Hinweisreiz (DD vs. DS) in Experiment 3, alle Versuchspersonen, analysiert wurden Elektroden mit *Umschalten\*Frequenz*-Interaktion(\*)

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1*				
FP2*				
F7*				
F3*			.	
FZ*			.	
F4*				
F8*				
FT7*				
FC3*			.	
FC4*		-		.
FT8*				
T7*				
C3*		.	.	
CZ*			.	
C4*		-	-	-
T8*				
CP5*		-	.	
CP6				
P7*		.	.	.
P3*		.	.	
PZ*		-	-	.
P4				
P8				
O1*		-		.
O2				

Tabelle A.24: Umschalten-Effekt nach subordiniertem Hinweis (SS vs. SD) in Experiment 3, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1				-
FP2			-	-
F7			.	-
F3			-	-
FZ			-	-
F4	-	-	-	=
F8			-	-
FT7			.	-
FC3			-	-
FC4	-	-	=	=
FT8	.		-	-
T7			.	.
C3			.	.
CZ		.	-	.
C4	-	-	-	-
T8	-	.	-	.
CP5				.
CP6	-	-	-	.
P7				
P3		-	.	
PZ				
P4	-	-	-	.
P8	=	-	-	-
O1				
O2	-	-	-	.

Tabelle A.25: 3-Weg-Interaktion *Arbeitsgedächtnis\*Umschalten\*Frequenz* auf der Verbposition in Experiment 3.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1*				
FP2*				
F7*				
F3*			-	
FZ*		.	-	.
F4*				
F8*				
FT7*				
FC3*	.	-	-	-
FC4*	.	-	-	-
FT8*				
T7				
C3				
CZ*	-	-	=	=
C4*	-	-	=	=
T8*		.	-	-
CP5				
CP6*	-	-	-	=
P7				
P3*	-	-	=	=
PZ				
P4*	-	-	-	=
P8*	-	-	=	=
O1				
O2*	-	-	-	=

Tabelle A.26: *Umschalten*-Effekt bei großer Lesespanne in Experiment 3, ausgewertet wurden die Elektroden mit 3-Weg-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1*				
FP2*				
F7*	—	—	—	
F3*	.	.	—	
FZ*	.	.	.	
F4*	—	—	.	
F8*	—	—	.	
FT7*	.	—	—	
FC3*		.	.	
FC4*	.		.	
FT8*	.	—	.	
T7				
C3				
CZ*		.	.	
C4*	.	.	—	
T8*		.	.	
CP5				
CP6*	—	—	—	.
P7				
P3*				
PZ				
P4*		—	—	
P8*		.	—	
O1				
O2*			—	

Tabelle A.27: Umschalten-Effekt bei geringer Lesespanne in Experiment 3, ausgewertet wurden die Elektroden mit 3-Weg-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1*	—	—	—	—
FP2*	—	—	—	—
F7*	—	—	—	—
F3*	—	—	—	—
FZ*	—	—	—	—
F4*	—	—	—	—
F8*	—	—	—	—
FT7*	.	.	—	—
FC3*	—	—	—	—
FC4*	—	—	—	—
FT8*	—	—	—	—
T7				
C3				
CZ*	—	—	—	—
C4*	—	—	—	—
T8*	—	—	—	—
CP5				
CP6*	.	—	.	.
P7				
P3*		—	—	—
PZ				
P4*	.	—	.	.
P8*	—	—	—	—
O1				
O2*				

Tabelle A.28: Umschalten\*Frequenz-Interaktion bei Versuchspersonen geringerer Lesespanne in Experiment 3, ausgewertet wurden Elektroden mit 3-Weg-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1*	-	-	-	-
FP2*	-	-	-	-
F7*	-	-	-	-
F3*	-	-	-	-
FZ*	-	-	-	-
F4*	-	-	-	-
F8*	-	-	-	-
FT7*	-	-	-	-
FC3*	-	-	-	-
FC4*	-	-	-	-
FT8*	-	-	-	-
T7				
C3				
CZ*	-	-	-	-
C4*	-	-	-	-
T8*	-	-	-	-
CP5				
CP6*	-	-	-	-
P7				
P3*		-	-	-
PZ				
P4*	-	-	-	-
P8*	-	-	-	-
O1				
O2				

Tabelle A.29: Subordiniert und dominant relatierte Verben nach dominantem Hinweis bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Experiment 3, ausgewertet wurden Elektroden mit *Um-schalten*\**Frequenz*-Interaktion (\*).

## A.4 Experiment 4

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1			.	
FP2		.	-	-
F7		.	-	.
F3		.	-	-
FZ			-	-
F4			.	.
F8		.	-	-
FT7		-	-	.
FC3		.	-	.
FC4			.	
FT8			-	
T7		-	-	
C3		.	.	
CZ		-	-	
C4				
T8				
CP5				
CP6	.		.	
P7				
P3				
PZ			-	
P4			-	
P8				
O1				
O2			-	

Tabelle A.30: Hinweis-Position in Experiment 4, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				· -
F7 F3 FZ F4 F8				· ·
FT7 FC3 FC4 FT8	-	-		- - ·
T7 C3 CZ C4 T8	· -	- -		- - - -
CP5 CP6	·	-	·	-
P7 P3 PZ P4 P8	· - -	- - -	· - ·	- - -
O1 O2	·	·		-

Tabelle A.31: *Arbeitsgedächtnis\*Frequenz*-Interaktion für 24 Versuchspersonen pro Gruppe (aus den Experimenten 3 & 4), Position des Hinweisreizes.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2*		-	-	=
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3* FC4* FT8		= -	- -	= =
T7* C3* CZ* C4* T8*	·	- = - -	- = - -	= = - -
CP5* CP6		=	=	=
P7* P3* PZ* P4 P8		· - -	- = -	- - -
O1 O2*		-	·	

Tabelle A.32: *Frequenz*-Effekt bei großer Lesespanne über die Experimente 3 & 4, analysiert wurden nur Elektroden mit *Arbeitsgedächtnis\*Frequenz*-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1	.		.	
FP2	.		.	
F7	.	-	-	-
F3	-	-	=	-
FZ	-	-	-	-
F4	-	-	-	-
F8	-	.		
FT7	.	-	-	
FC3	=	=	=	=
FC4	=	=	=	=
FT8	-	.		.
T7	-	-	=	-
C3	=	=	=	=
CZ	=	=	=	=
C4	=	=	=	=
T8				
CP5	-	=	=	=
CP6	=	=	=	=
P7		-	-	-
P3	=	=	=	=
PZ	=	=	=	=
P4	=	=	=	=
P8	.	-	-	-
O1	-	-	=	-
O2	-	-	=	-

Tabelle A.33: Umschalten-Haupteffekt in Experiment 4, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1				
FP2				
F7				
F3			.	
FZ				
F4				
F8				
FT7				
FC3			-	
FC4				
FT8				
T7			.	-
C3			.	.
CZ				
C4				
T8				
CP5		.	-	-
CP6				
P7		-	-	-
P3		.	-	-
PZ		-	-	-
P4				.
P8				-
O1			.	-
O2			.	-

Tabelle A.34: Umschalten\*Frequenz-Interaktionen in Experiment 4, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3* FC4 FT8	-	-	=	-
T7* C3 CZ C4 T8		-	=	=
CP5* CP6		=	=	=
P7* P3* PZ* P4 P8*	-	=	=	=
O1* O2*	-	-	=	-

Tabelle A.35: Umschalten-Effekt nach dominantem Hinweis in Experiment 4, alle Versuchspersonen, analysiert wurden nur Elektroden mit *Umschalten\*Frequenz*-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3* FC4 FT8	-	-	-	-
T7* C3 CZ C4 T8	.		.	
CP5* CP6	-	-	-	.
P7* P3* PZ* P4 P8*	-	.	-	-
O1* O2*	.		-	-

Tabelle A.36: Umschalten-Effekt nach subordiniertem Hinweisreiz in Experiment 4, alle Versuchspersonen, analysiert wurden nur Elektroden mit *Umschalten\*Frequenz*-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8				
T7 C3 CZ C4 T8		-	.	-
CP5 CP6		-	-	-
P7 P3 PZ P4 P8		-	-	-
O1 O2				

Tabelle A.37: 3-Weg-Interaktionen in Experiment 4.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8				
T7* C3* CZ C4 T8	-	.	-	-
CP5* CP6	-	.	-	-
P7* P3* PZ P4 P8	.	-	-	-
O1 O2				

Tabelle A.38: Umschalten-Effekt bei Versuchspersonen mit geringer Lesespanne in Experiment 4, analysiert wurden Elektroden mit 3-Weg-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8				
T7* C3* CZ C4 T8	-	-	-	-
CP5* CP6	-	-	-	-
P7* P3* PZ P4 P8		.	-	-
O1 O2				

Tabelle A.39: Umschalten-Effekt bei großer Lesespanne in Experiment 4, analysiert wurden Elektroden mit 3-Weg-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8				
T7* C3* CZ C4 T8			.	-
CP5* CP6		-	-	-
P7* P3* PZ P4 P8		-	-	-
O1 O2				

Tabelle A.40: Umschalten\*Frequenz-Interaktion bei Versuchspersonen mit großer Lesespanne in Experiment 4, analysiert wurden Elektroden mit 3-Weg-Interaktion (\*).

## A.5 Experiment 5

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1		-	-	-
FP2		.	-	-
F7	-	-	-	-
F3		-	-	-
FZ		-	-	.
F4		-	-	-
F8		-	-	-
FT7		-	-	-
FC3		-	=	-
FC4		-	-	-
FT8		.		
T7				
C3		-	=	-
CZ		-	-	.
C4		-	-	-
T8			-	
CP5		-	-	.
CP6				
P7		.	.	
P3			-	
PZ			-	
P4			.	
P8				
O1				
O2				

Tabelle A.41: Hinweis-Position in Experiment 5, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8				
FT7 FC3 FC4 FT8				
T7 C3 CZ C4 T8				
CP5 CP6		.		-
P7 P3 PZ P4 P8				.
O1 O2			-	-

Tabelle A.42: *Arbeitsgedächtnis\*Frequenz*-Interaktionen in Experiment 5.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2			.	.
F7 F3 FZ F4 F8		.	.	.
FT7 FC3 FC4 FT8		.	-	-
T7 C3 CZ C4 T8		-	-	-
CP5 CP6		.	.	-
P7 P3 PZ P4 P8			-	.
O1 O2			-	.

Tabelle A.43: *Frequenz*-Effekt bei großer Lesespanne in Experiment 5, geplanter Vergleich.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2			.	
F7 F3 FZ F4 F8		.	-	-
FT7 FC3 FC4 FT8		.	.	-
T7 C3 CZ C4 T8			-	
CP5 CP6		.	-	
P7 P3 PZ P4 P8				
O1 O2				

Tabelle A.44: Minimaler *Frequenz*-Effekt bei geringer Lesespanne in Experiment 5, geplanter Vergleich.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2			-	
F7 F3 FZ F4 F8		.	-	-
FT7 FC3 FC4 FT8		.	=	=
T7 C3 CZ C4 T8		-	=	=
CP5 CP6		-	=	=
P7 P3 PZ P4 P8		-	=	=
O1 O2		-	=	=

Tabelle A.45: *Umschalt*-Haupteffekt in Experiment 5, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8		.	.	.
FT7 FC3 FC4 FT8			-	-
T7 C3 CZ C4 T8	.	-	.	.
CP5 CP6				-
P7 P3 PZ P4 P8	.	-	.	=
O1 O2		.	-	=

Tabelle A.46: Umschalt\*Frequenz-Interaktionen in Experiment 5, alle Versuchspersonen.

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8*		-	-	-
FT7 FC3 FC4* FT8		-	=	=
T7 C3 CZ* C4* T8		-	=	=
CP5* CP6*		.	=	=
P7* P3* PZ* P4* P8*	.	-	=	=
O1* O2*	.	.	=	=

Tabelle A.47: Umschalt-Effekt nach dominantem Hinweis in Experiment 5, analysiert wurden die Elektroden mit Umschalten\*Frequenz-Interaktion (\*).

Elektrode	Zeitfenster (ms)			
	300-350	350-400	400-450	450-500
FP1 FP2				
F7 F3 FZ F4 F8*				
FT7 FC3 FC4* FT8				
T7 C3 CZ* C4* T8			-	-
CP5* CP6*			-	-
P7* P3* PZ* P4* P8*			-	-
O1* O2*			=	=

Tabelle A.48: *Umschalten*-Effekt nach subordiniertem Hinweis in Experiment 5, alle Versuchspersonen, analysiert wurden die Elektroden mit *Umschalten*\**Frequenz*-Interaktion.

# Anhang B

## Material

### B.1 Komposita

Absatzreparatur	Kammwanderung	Rollengarn
Anbaugelände	Kartenmaßstab	Rüstungsindustrie
Auflaufform	Katerstimmung	Schalenfrucht
Aufsatzregal	Kieferbruch	Schimmelpilz
Ausschußproduktion	Kreisgericht	Schloßeinbau
Ballkleid	Kundschaftsbote	Schollenfilet
Blumenschaum	Lasterbekämpfung	Spioneinbau
Börseninhalt	Leitungsverlegung	Spitzendeckchen
Boxerwelpen	Linsenbrechung	Stammesumfang
Brausekopf	Magazinkugel	Stärkemehl
Dichtungslektüre	Mangelware	Stollensprengung
Eingangsstempel	Mausunterlage	Straußvase
Einrichtungseröffnung	Messeliturgie	Tauziehen
Fahnengeruch	Notenschlüssel	Tonschale
Fassungskurzschluß	Ordensgründung	Triebverdrängung
Federhalter	Ordnerregal	Verbandsgründung
Folgeabschätzung	Paßstraße	Wanzenbekämpfung
Futterstoff	Pflasterstein	Werkausgabe
Ganghebel	Probensäure	Widerstandsmessung
Kammerbeschluß	Quellennachweis	Zechensterben

## B.2 Prime- und Targetwörter

Primes	visuelle Targets		
	dominant	subordiniert	unrelatiert
Absatzreparatur	Text	Schuh	Werft
Anbaugelände	Haus	Reis	Kraft
Auflaufform	Unfall	Käse	Gewicht
Aufsatzregal	Heft	Schrank	Rausch
Ausschußproduktion	Vorsitz	Müll	Kasten
Ballkleid	Kind	Tanz	Grund
Blumenschäum	Rose	Bier	Technik
Börseninhalte	Makler	Pfennig	Protest
Boxerwelpen	Sport	Hund	Stirn
Brausekopf	Durst	Dusche	Stecker
Dichtungslektüre	Rohr	Gedicht	Blüte
Eingangsstempel	Tor	Post	Knie
Einrichtungseröffnung	Zimmer	Amt	Stück
Fahnengeruch	Staat	Bier	Kraft
Fassungskurzschluß	Artikel	Lampe	Nase
Federhalter	Vogel	Hebel	Stiefel
Folgeabschätzung	Film	Wirkung	Begriff
Futterstoff	Katze	Mantel	Hand
Ganghebel	Flur	Auto	Ende
Kammerbeschluß	Wohnung	Gericht	Anspruch
Kammwanderung	Bürste	Berg	Laster
Kartenmaßstab	Urlaub	Auto	Vernunft
Katerstimmung	Maus	Wein	Masse
Kieferbruch	Wald	Gebiß	Mauer
Kreisgericht	Quadrat	Bezirk	Hütte
Kundschaftsbote	Laden	Nachricht	Welle
Lasterbekämpfung	Fahrer	Sucht	Heide
Leitungsverlegung	Firma	Kabel	Kosten
Linsenbrechung	Suppe	Brille	Pose
Magazinkugel	Kiosk	Kugel	Pfanne
Mangelware	Hemd	Einkauf	Lasso
Mausunterlage	Katze	Computer	Allee
Messeliturie	Wirtschaft	Kirche	Tendenz

Primes	visuelle Targets		
	dominant	subordiniert	unrelatiert
Notenschlüssel	Zeugnis	Lied	Ochse
Ordensgründung	Ehre	Kloster	Ball
Ordnerregal	Stadion	Papier	Ziel
Paßstraße	Grenze	Berg	Reis
Pflasterstein	Arzt	Straße	Wort
Probensäure	Orchester	Chemie	Getreide
Quellennachweis	Bach	Zitat	Effekt
Rollengarn	Schauspiel	Schneider	Mond
Rüstungsindustrie	Ritter	Armee	Farbe
Schalenfrucht	Kristall	Banane	Falle
Schimmelpilz	Pferd	Käse	Speck
Schloßeinbau	König	Tür	Linie
Schollenfilet	Acker	Flunder	Gabel
Spioneinbau	Agent	Tür	Umstand
Spitzendeckchen	Gipfel	Seide	Bündel
Stammesumfang	Afrika	Baum	Wolke
Stärkemehl	Schwäche	Kuchen	Meer
Stollensprengung	Weihnacht	Schacht	Fleiß
Straußvase	Vogel	Blume	Bursche
Tauziehen	Gras	Schiff	Grafik
Tonschale	Musik	Vase	Grüße
Triebverdrängung	Pflanze	Sex	Strebe
Verbandsgründung	Blut	Verein	Pech
Wanzenbekämpfung	Agent	Käfer	Schlinge
Werkausgabe	Fabrik	Dichter	Mütze
Widerstandsmessung	Krieg	Strom	Platz
Zechensterben	Kneipe	Erz	Gerste

### B.3 Sätze

Die Abkürzung wurde vom Redner ausgesprochen, weil ...  
 Die Abkürzung wurde vom Läufer gegangen, obwohl ...  
 Die Abkürzung wurde vom Redner gegangen, obwohl ...  
 Die Abkürzung wurde vom Läufer ausgesprochen, weil ...  
 Der Absatz wurde vom Schriftsteller geschrieben, während ...  
 Der Absatz wurde vom Schuster repariert, als ...  
 Der Absatz wurde vom Schriftsteller repariert, als ...  
 Der Absatz wurde vom Schuster geschrieben, während ...  
 Die Ader wurde vom Arzt abgebunden, als ...  
 Die Ader wurde vom Bergmann entdeckt, während ...  
 Die Ader wurde vom Arzt entdeckt, während ...  
 Die Ader wurde vom Bergmann abgebunden, als ...  
 Der Akt wurde vom Schauspieler gespielt, obwohl ...  
 Der Akt wurde vom Maler gezeichnet, während ...  
 Der Akt wurde vom Schauspieler gezeichnet, während ...  
 Der Akt wurde vom Maler gespielt, obwohl ...  
 Der Anbau wurde vom Maurer verputzt, während ...  
 Der Anbau wurde vom Bauern geerntet, während ...  
 Der Anbau wurde vom Maurer geerntet, während ...  
 Der Anbau wurde vom Bauern verputzt, während ...  
 Die Annahme wurde vom Experten bewiesen, obwohl ...  
 Die Annahme wurde vom Händler verweigert, weil ...  
 Die Annahme wurde vom Experten verweigert, weil ...  
 Die Annahme wurde vom Händler bewiesen, obwohl ...  
 Der Auflauf wurde vom Polizisten aufgelöst, als ...  
 Der Auflauf wurde vom Chefkoch zubereitet, als ...  
 Der Auflauf wurde vom Polizisten zubereitet, als ...  
 Der Auflauf wurde vom Chefkoch aufgelöst, als ...  
 Der Aufsatz wurde vom Schüler geschrieben, als ...  
 Der Aufsatz wurde vom Schreiner gehobelt, als ...  
 Der Aufsatz wurde vom Schüler gehobelt, als ...  
 Der Aufsatz wurde vom Schreiner geschrieben, als ...  
 Die Ausgabe wurde vom Verlag gedruckt, während ...  
 Die Ausgabe wurde vom Buchhalter verbucht, während ...  
 Die Ausgabe wurde vom Verlag verbucht, während ...  
 Die Ausgabe wurde vom Buchhalter gedruckt, während ...  
 Die Ausscheidung wurde vom Arzt untersucht, während ...  
 Die Ausscheidung wurde vom Sportler gewonnen, obwohl ...  
 Die Ausscheidung wurde vom Arzt gewonnen, obwohl ...  
 Die Ausscheidung wurde vom Sportler untersucht, während ...  
 Der Ausschnitt wurde vom Journalisten vertont, als ...  
 Der Ausschnitt wurde vom Schneider genäht, während ...  
 Der Ausschnitt wurde vom Journalisten genäht, während ...  
 Der Ausschnitt wurde vom Schneider vertont, als ...  
 Der Ausschuß wurde vom Bürgermeister geleitet, als ...  
 Der Ausschuß wurde vom Arbeiter produziert, obwohl ...  
 Der Ausschuß wurde vom Bürgermeister produziert, obwohl ...  
 Der Ausschuß wurde vom Arbeiter geleitet, als ...  
 Die Aussprache wurde vom Psychologen geführt, als ...  
 Die Aussprache wurde vom Sprecherzieher verbessert, als ...  
 Die Aussprache wurde vom Psychologen verbessert, als ...  
 Die Aussprache wurde vom Sprecherzieher geführt, als ...  
 Der Ball wurde vom Kind geworfen, als ...  
 Der Ball wurde vom König eröffnet, während ...  
 Der Ball wurde vom Kind eröffnet, während ...  
 Der Ball wurde vom König geworfen, als ...

Der Bezug wurde vom Schneider zugeschnitten, während ...  
Der Bezug wurde vom Journalisten konstruiert, als ...  
Der Bezug wurde vom Schneider konstruiert, als ...  
Der Bezug wurde vom Journalisten zugeschnitten, während ...  
Die Blume wurde vom Gärtner gepflückt, als ...  
Die Blume wurde vom Säufer abgetrunken, während ...  
Die Blume wurde vom Gärtner abgetrunken, während ...  
Die Blume wurde vom Säufer gepflückt, als ...  
Die Börse wurde vom Aktionär besucht, während ...  
Die Börse wurde vom Räuber gestohlen, während ...  
Die Börse wurde vom Aktionär gestohlen, während ...  
Die Börse wurde vom Räuber besucht, während ...  
Der Boxer wurde vom Gegner niedergeschlagen, als ...  
Der Boxer wurde vom Züchter abgerichtet, obwohl ...  
Der Boxer wurde vom Gegner abgerichtet, obwohl ...  
Der Boxer wurde vom Züchter niedergeschlagen, als ...  
Die Brause wurde vom Kind getrunken, weil ...  
Die Brause wurde vom Klempner repariert, weil ...  
Die Brause wurde vom Kind repariert, weil ...  
Die Brause wurde vom Klempner getrunken, weil ...  
Die Bremse wurde vom Mechaniker repariert, weil ...  
Die Bremse wurde vom Reiter verjagt, weil ...  
Die Bremse wurde vom Mechaniker verjagt, weil ...  
Die Bremse wurde vom Reiter repariert, weil ...  
Die Decke wurde vom Maler gestrichen, weil ...  
Die Decke wurde vom Weber gewebt, weil ...  
Die Decke wurde vom Maler gewebt, weil ...  
Die Decke wurde vom Weber gestrichen, weil ...  
Die Dichtung wurde vom Klempner installiert, als ...  
Die Dichtung wurde vom Verlag gelesen, weil ...  
Die Dichtung wurde vom Klempner gelesen, weil ...  
Die Dichtung wurde vom Verlag installiert, als ...  
Der Diener wurde vom Herrn gelobt, als ...  
Der Diener wurde vom Kellner gemacht, während ...  
Der Diener wurde vom Herrn gemacht, während ...  
Der Diener wurde vom Kellner gelobt, als ...  
Die Disziplin wurde vom Lehrer gelobt, als ...  
Die Disziplin wurde vom Sportler geturnt, weil ...  
Die Disziplin wurde vom Lehrer geturnt, weil ...  
Die Disziplin wurde vom Sportler gelobt, als ...  
Der Drücker wurde vom Fahrgast beschädigt, während ...  
Der Drücker wurde vom Mieter rausgeworfen, obwohl ...  
Der Drücker wurde vom Fahrgast rausgeworfen, obwohl ...  
Der Drücker wurde vom Mieter beschädigt, während ...  
Die Dürre wurde vom Bauern vorausgesagt, während ...  
Die Dürre wurde vom Dicken gehänselt, obwohl ...  
Die Dürre wurde vom Bauern gehänselt, obwohl ...  
Die Dürre wurde vom Dicken vorausgesagt, während ...  
Der Eingang wurde vom Wächter bewacht, weil ...  
Der Eingang wurde vom Postbeamten bestätigt, obwohl ...  
Der Eingang wurde vom Wächter bestätigt, obwohl ...  
Der Eingang wurde vom Postbeamten bewacht, weil ...  
Die Einrichtung wurde vom Innenarchitekten transportiert, obwohl ...  
Die Einrichtung wurde vom Bürgermeister eröffnet, während ...  
Die Einrichtung wurde vom Innenarchitekten eröffnet, während ...  
Die Einrichtung wurde vom Bürgermeister transportiert, obwohl ...

Die Ente wurde vom Jäger geschossen, obwohl ...  
 Die Ente wurde vom Reporter verfaßt, weil ...  
 Die Ente wurde vom Jäger verfaßt, weil ...  
 Die Ente wurde vom Reporter geschossen, obwohl ...  
 Die Fahne wurde vom Präsidenten gehißt, während ...  
 Die Fahne wurde vom Polizisten gerochen, obwohl ...  
 Die Fahne wurde vom Präsidenten gerochen, obwohl ...  
 Die Fahne wurde vom Polizisten gehißt, während ...  
 Die Fassung wurde vom Autor korrigiert, obwohl ...  
 Die Fassung wurde vom Elektriker abgeklemmt, weil ...  
 Die Fassung wurde vom Autor abgeklemmt, weil ...  
 Die Fassung wurde vom Elektriker korrigiert, obwohl ...  
 Die Fliege wurde vom Insektenforscher erschlagen, obwohl ...  
 Die Fliege wurde vom Sänger umgebunden, als ...  
 Die Fliege wurde vom Insektenforscher umgebunden, als ...  
 Die Fliege wurde vom Sänger erschlagen, obwohl ...  
 Der Flügel wurde vom Pianisten gestimmt, weil ...  
 Der Flügel wurde vom Tierarzt geschient, weil ...  
 Der Flügel wurde vom Pianisten geschient, weil ...  
 Der Flügel wurde vom Tierarzt gestimmt, weil ...  
 Die Folge wurde vom Sender ausgestrahlt, während ...  
 Die Folge wurde vom Politiker vorhergesagt, obwohl ...  
 Die Folge wurde vom Sender vorhergesagt, obwohl ...  
 Die Folge wurde vom Politiker ausgestrahlt, während ...  
 Das Futter wurde vom Bauern gemischt, als ...  
 Das Futter wurde vom Schneider eingenäht, obwohl ...  
 Das Futter wurde vom Bauern eingenäht, obwohl ...  
 Das Futter wurde vom Schneider gemischt, als ...  
 Der Gang wurde vom Portier überwacht, als ...  
 Der Gang wurde vom Fahrer eingelegt, obwohl ...  
 Der Gang wurde vom Portier eingelegt, obwohl ...  
 Der Gang wurde vom Fahrer überwacht, als ...  
 Der Grund wurde vom Täter genannt, weil ...  
 Der Grund wurde vom Taucher abgesucht, obwohl ...  
 Der Grund wurde vom Täter abgesucht, obwohl ...  
 Der Grund wurde vom Taucher genannt, weil ...  
 Der Hahn wurde vom Bauern geschlachtet, weil ...  
 Der Hahn wurde vom Kind aufgedreht, obwohl ...  
 Der Hahn wurde vom Bauern aufgedreht, obwohl ...  
 Der Hahn wurde vom Kind geschlachtet, weil ...  
 Der Kamm wurde vom Friseur enthaart, als ...  
 Der Kamm wurde vom Gipfelstürmer erklommen, als ...  
 Der Kamm wurde vom Friseur erklommen, als ...  
 Der Kamm wurde vom Gipfelstürmer enthaart, als ...  
 Die Kammer wurde vom Diener gesäubert, während ...  
 Die Kammer wurde vom Richter einberufen, weil ...  
 Die Kammer wurde vom Diener einberufen, weil ...  
 Die Kammer wurde vom Richter gesäubert, während ...  
 Die Kapelle wurde vom Schlagzeuger dirigiert, als ...  
 Die Kapelle wurde vom Pfarrer abgeschlossen, als ...  
 Die Kapelle wurde vom Schlagzeuger abgeschlossen, als ...  
 Die Kapelle wurde vom Pfarrer dirigiert, als ...  
 Der Kater wurde vom Tierarzt gestreichelt, weil ...  
 Der Kater wurde vom Trinker geleugnet, obwohl ...  
 Der Kater wurde vom Tierarzt geleugnet, obwohl ...  
 Der Kater wurde vom Trinker gestreichelt, weil ...

Die Kippe wurde vom Raucher ausgedrückt, weil ...  
Die Kippe wurde vom Müllmann verwaltet, obwohl ...  
Die Kippe wurde vom Raucher verwaltet, obwohl ...  
Die Kippe wurde vom Müllmann ausgedrückt, weil ...  
Der Kreis wurde vom Kind geschlossen, während ...  
Der Kreis wurde vom Landrat verwaltet, weil ...  
Der Kreis wurde vom Kind verwaltet, weil ...  
Der Kreis wurde vom Landrat geschlossen, während ...  
Die Kundschaft wurde vom Verkäufer bedient, während ...  
Die Kundschaft wurde vom Boten überbracht, obwohl ...  
Die Kundschaft wurde vom Verkäufer überbracht, obwohl ...  
Die Kundschaft wurde vom Boten bedient, während ...  
Die Leitung wurde vom Aufsichtsrat übernommen, obwohl ...  
Die Leitung wurde vom Elektriker gelegt, während ...  
Die Leitung wurde vom Aufsichtsrat gelegt, während ...  
Die Leitung wurde vom Elektriker übernommen, obwohl ...  
Die Lösung wurde vom Spielleiter verraten, während ...  
Die Lösung wurde vom Chemiker gefiltert, während ...  
Die Lösung wurde vom Spielleiter gefiltert, während ...  
Die Lösung wurde vom Chemiker verraten, während ...  
Das Magazin wurde vom Verleger publiziert, obwohl ...  
Das Magazin wurde vom Soldaten leergeschossen, weil ...  
Das Magazin wurde vom Verleger leergeschossen, weil ...  
Das Magazin wurde vom Soldaten publiziert, obwohl ...  
Die Maus wurde vom Jäger gefangen, weil ...  
Die Maus wurde vom Informatiker installiert, während ...  
Die Maus wurde vom Jäger installiert, während ...  
Die Maus wurde vom Informatiker gefangen, weil ...  
Die Mutter wurde vom Kind geliebt, obwohl ...  
Die Mutter wurde vom Schlosser aufgeschraubt, während ...  
Die Mutter wurde vom Kind aufgeschraubt, während ...  
Die Mutter wurde vom Schlosser geliebt, obwohl ...  
Die Note wurde vom Lehrer vergeben, während ...  
Die Note wurde vom Musiker gespielt, obwohl ...  
Die Note wurde vom Lehrer gespielt, obwohl ...  
Die Note wurde vom Musiker vergeben, während ...  
Der Orden wurde vom Minister verliehen, weil ...  
Der Orden wurde vom Mönch gegründet, obwohl ...  
Der Orden wurde vom Minister gegründet, obwohl ...  
Der Orden wurde vom Mönch verliehen, weil ...  
Der Ordner wurde vom Randalierer beleidigt, während ...  
Der Ordner wurde vom Professor angelegt, weil ...  
Der Ordner wurde vom Randalierer angelegt, weil ...  
Der Ordner wurde vom Professor beleidigt, während ...  
Der Paß wurde vom Grenzer abgestempelt, obwohl ...  
Der Paß wurde vom Bergsteiger erklommen, als ...  
Der Paß wurde vom Grenzer erklommen, als ...  
Der Paß wurde vom Bergsteiger abgestempelt, obwohl ...  
Das Pflaster wurde vom Arzt aufgeklebt, während ...  
Das Pflaster wurde vom Straßenbauer asphaltiert, als ...  
Das Pflaster wurde vom Arzt asphaltiert, als ...  
Das Pflaster wurde vom Straßenbauer aufgeklebt, während ...  
Der Pickel wurde vom Teenager ausgedrückt, obwohl ...  
Der Pickel wurde vom Bergsteiger benutzt, weil ...  
Der Pickel wurde vom Teenager benutzt, weil ...  
Der Pickel wurde vom Bergsteiger ausgedrückt, obwohl ...

Die Praxis wurde vom Arzt geschlossen, obwohl ...  
 Die Praxis wurde vom Theoretiker bestätigt, obwohl ...  
 Die Praxis wurde vom Arzt bestätigt, obwohl ...  
 Die Praxis wurde vom Theoretiker geschlossen, obwohl ...  
 Die Probe wurde vom Dirigenten geleitet, weil ...  
 Die Probe wurde vom Chemiker untersucht, weil ...  
 Die Probe wurde vom Dirigenten untersucht, weil ...  
 Die Probe wurde vom Chemiker geleitet, weil ...  
 Die Quelle wurde vom Geologen freigelegt, während ...  
 Die Quelle wurde vom Studenten zitiert, obwohl ...  
 Die Quelle wurde vom Geologen zitiert, obwohl ...  
 Die Quelle wurde vom Studenten freigelegt, während ...  
 Der Reif wurde vom Meteorologen vorausgesagt, als ...  
 Der Reif wurde vom Juwelier ersteigert, während ...  
 Der Reif wurde vom Meteorologen ersteigert, während ...  
 Der Reif wurde vom Juwelier vorausgesagt, als ...  
 Der Riegel wurde vom Kind gegessen, weil ...  
 Der Riegel wurde vom Schlosser entrostet, weil ...  
 Der Riegel wurde vom Kind entrostet, weil ...  
 Der Riegel wurde vom Schlosser gegessen, weil ...  
 Der Rock wurde vom Schneider genäht, obwohl ...  
 Der Rock wurde vom Musiker gespielt, weil ...  
 Der Rock wurde vom Schneider gespielt, weil d. ...  
 Der Rock wurde vom Musiker genäht, obwohl ...  
 Die Rolle wurde vom Schauspieler gespielt, als ...  
 Die Rolle wurde vom Schneider aufgebraucht, als ...  
 Die Rolle wurde vom Schauspieler aufgebraucht, als ...  
 Die Rolle wurde vom Schneider gespielt, als ...  
 Die Rüstung wurde vom Ritter geputzt, weil ...  
 Die Rüstung wurde vom Industriellen unterstützt, obwohl ...  
 Die Rüstung wurde vom Ritter unterstützt, obwohl ...  
 Die Rüstung wurde vom Industriellen geputzt, weil ...  
 Der Schalter wurde vom Angestellten besetzt, während ...  
 Der Schalter wurde vom Elektriker umgepolt, während ...  
 Der Schalter wurde vom Angestellten umgepolt, während ...  
 Der Schalter wurde vom Elektriker besetzt, während ...  
 Die Schicht wurde vom Arbeiter übernommen, obwohl ...  
 Die Schicht wurde vom Geologen analysiert, während ...  
 Die Schicht wurde vom Arbeiter analysiert, während ...  
 Die Schicht wurde vom Geologen übernommen, obwohl ...  
 Der Schimmel wurde vom Jockey geritten, obwohl ...  
 Der Schimmel wurde vom Koch abgekratzt, während ...  
 Der Schimmel wurde vom Jockey abgekratzt, während ...  
 Der Schimmel wurde vom Koch geritten, obwohl ...  
 Das Schloß wurde vom König bewohnt, obwohl ...  
 Das Schloß wurde vom Schlosser repariert, weil ...  
 Das Schloß wurde vom König repariert, weil ...  
 Das Schloß wurde vom Schlosser bewohnt, obwohl ...  
 Die Scholle wurde vom Bauern beackert, weil ...  
 Die Scholle wurde vom Fischer gefangen, obwohl ...  
 Die Scholle wurde vom Bauern gefangen, obwohl ...  
 Die Scholle wurde vom Fischer beackert, weil ...  
 Der Schwindel wurde vom Polizisten aufgedeckt, während ...  
 Der Schwindel wurde vom Arzt behandelt, obwohl ...  
 Der Schwindel wurde vom Polizisten behandelt, obwohl ...  
 Der Schwindel wurde vom Arzt aufgedeckt, während ...

Die Spalte wurde vom Redakteur gefüllt, obwohl ...  
Die Spalte wurde vom Bergwanderer überquert, weil ...  
Die Spalte wurde vom Redakteur überquert, weil ...  
Die Spalte wurde vom Bergwanderer gefüllt, obwohl ...  
Der Spion wurde vom Geheimdienst enttarnt, weil ...  
Der Spion wurde vom Hausmeister eingebaut, während ...  
Der Spion wurde vom Geheimdienst eingebaut, während ...  
Der Spion wurde vom Hausmeister enttarnt, weil ...  
Die Spitze wurde vom Abenteurer erreicht, als ...  
Die Spitze wurde vom Schneider gebügelt, als ...  
Die Spitze wurde vom Abenteurer gebügelt, als ...  
Die Spitze wurde vom Schneider erreicht, als ...  
Der Stab wurde vom Kind zerbrochen, als ...  
Der Stab wurde vom General einberufen, weil ...  
Der Stab wurde vom Kind einberufen, weil ...  
Der Stab wurde vom General zerbrochen, als ...  
Die Stärke wurde vom Ringer antrainiert, weil ...  
Die Stärke wurde vom Bäcker hinzugefügt, während ...  
Die Stärke wurde vom Ringer hinzugefügt, während ...  
Die Stärke wurde vom Bäcker antrainiert, weil ...  
Der Stamm wurde vom Ethnologen besucht, als ...  
Der Stamm wurde vom Förster gefällt, als ...  
Der Stamm wurde vom Ethnologen gefällt, als ...  
Der Stamm wurde vom Förster besucht, als ...  
Der Stollen wurde vom Bäcker gebacken, obwohl ...  
Der Stollen wurde vom Bergarbeiter gesprengt, weil ...  
Der Stollen wurde vom Bäcker gesprengt, weil ...  
Der Stollen wurde vom Bergarbeiter gebacken, obwohl ...  
Der Strauß wurde vom Vogelkundler gezähmt, während ...  
Der Strauß wurde vom Floristen gebunden, obwohl ...  
Der Strauß wurde vom Vogelkundler gebunden, obwohl ...  
Der Strauß wurde vom Floristen gezähmt, während ...  
Der Strom wurde vom Elektriker abgeklemmt, weil ...  
Der Strom wurde vom Kanuten überquert, während ...  
Der Strom wurde vom Elektriker überquert, während ...  
Der Strom wurde vom Kanuten abgeklemmt, weil ...  
Der Ton wurde vom Sänger gesungen, als ...  
Der Ton wurde vom Töpfer gebrannt, während ...  
Der Ton wurde vom Sänger gebrannt, während ...  
Der Ton wurde vom Töpfer gesungen, als ...  
Der Trieb wurde vom Gärtner beschnitten, als ...  
Der Trieb wurde vom Psychologen ausgelebt, als ...  
Der Trieb wurde vom Gärtner ausgelebt, als ...  
Der Trieb wurde vom Psychologen beschnitten, als ...  
Der Verband wurde vom Arzt entfernt, als ...  
Der Verband wurde vom Unternehmer gegründet, als ...  
Der Verband wurde vom Arzt gegründet, als ...  
Der Verband wurde vom Unternehmer entfernt, als ...  
Die Wanze wurde vom Agenten installiert, während ...  
Die Wanze wurde vom Kammerjäger getötet, während ...  
Die Wanze wurde vom Agenten getötet, während ...  
Die Wanze wurde vom Kammerjäger installiert, während ...  
Das Werk wurde vom Dezenten geschlossen, obwohl ...  
Das Werk wurde vom Künstler geschaffen, als ...  
Das Werk wurde vom Dezenten geschaffen, als ...  
Das Werk wurde vom Künstler geschlossen, obwohl ...

Der Widerstand wurde vom Aufseher gebrochen, weil ...  
Der Widerstand wurde vom Elektriker gemessen, weil ...  
Der Widerstand wurde vom Aufseher gemessen, weil ...  
Der Widerstand wurde vom Elektriker gebrochen, weil ...  
Die Zeche wurde vom Gast geprellt, als ...  
Die Zeche wurde vom Bergmann verlassen, als ...  
Die Zeche wurde vom Gast verlassen, als ...  
Die Zeche wurde vom Bergmann geprellt, als ...  
Der Zirkel wurde vom Schüler benutzt, als ...  
Der Zirkel wurde vom Mitglied geleitet, als ...  
Der Zirkel wurde vom Schüler geleitet, als ...  
Der Zirkel wurde vom Mitglied benutzt, als ...

# Lebenslauf

## Persönliche Angaben

Name: Susanne Wagner  
Geburtsdatum: 29. Oktober 1968  
Geburtsort: Brandenburg/Havel

## Schule

1975-1981 Bertolt-Brecht-Oberschule Brandenburg/Havel  
1981-1985 Heinrich-Heine-Oberschule Brandenburg/Havel  
1985-1987 Erweiterte Oberschule Johann Wolfgang v. Goethe  
Brandenburg/Havel

## Studium und Promotion

1987-1991 Studium Diplomlehrerin der Fächer Deutsch und Englisch  
an der Karl-Marx-Universität Leipzig / Universität Leipzig  
1991-1992 Sprecherin des StudentInnenRates der Universität Leipzig  
1992 Fachrichtungswechsel  
1992-1998 Studium der Allgemeinen Sprachwissenschaft, Germanistik,  
Anglistik und Informatik an der Universität Leipzig  
1997 Magisterarbeit zum Thema  
„Der Einfluss ambiger Wörter der Muttersprache  
auf die Sprachperzeption in der Zweitsprache“  
1998 Magistra artium der Fächer Allgemeine Sprachwissenschaft,  
Germanistik und Informatik, Universität Leipzig  
1998-10/2002 Doktorandin am Max-Planck-Institut für neuropsychologische  
Forschung Leipzig im Rahmen des DFG-Projekts  
„Arbeitsgedächtnis: Eingabe-, Speicher- und Abrufprozesse“,  
Teilgebiet „Arbeitsgedächtnis und die Verarbeitung semantisch  
ambiger Wörter: Hemm- und Aktivierungsprozesse“  
seit 10/2002 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Forschungsstelle  
zur Rehabilitation von Menschen mit kommunikativer Behinderung  
an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

## MPI Series in Cognitive Neuroscience

1. Anja Hahne  
Charakteristika syntaktischer und semantischer Prozesse bei der auditiven Sprachverarbeitung: Evidenz aus ereigniskorrelierten Potentialstudien
2. Ricarda Schubotz  
Erinnern kurzer Zeitdauern: Behaviorale und neurophysiologische Korrelate einer Arbeitsgedächtnisfunktion
3. Volker Bosch  
Das Halten von Information im Arbeitsgedächtnis: Dissoziationen langsamer corticaler Potentiale
4. Jorge Jovicich  
An investigation of the use of Gradient- and Spin-Echo (GRASE) imaging for functional MRI of the human brain
5. Rosemary C. Dymond  
Spatial Specificity and Temporal Accuracy in Functional Magnetic Resonance Investigations
6. Stefan Zysset  
Eine experimentalpsychologische Studie zu Gedächtnisabrufprozessen unter Verwendung der funktionellen Magnetresonanztomographie
7. Ulrich Hartmann  
Ein mechanisches Finite-Elemente-Modell des menschlichen Kopfes
8. Bertram Opitz  
Funktionelle Neuroanatomie der Verarbeitung einfacher und komplexer akustischer Reize: Integration haemodynamischer und elektrophysiologischer Maße
9. Gisela Müller-Plath  
Formale Modellierung visueller Suchstrategien mit Anwendungen bei der Lokalisation von Hirnfunktionen und in der Diagnostik von Aufmerksamkeitsstörungen
10. Thomas Jacobsen  
Characteristics of processing morphological structural and inherent case in language comprehension

11. Stefan Kölsch  
Brain and Music: A contribution to the investigation of central auditory processing with a new electrophysiological approach
12. Stefan Frisch  
Verb-Argument-Struktur, Kasus und thematische Interpretation beim Sprachverstehen
13. Markus Ullsperger  
The role of retrieval inhibition in directed forgetting - an event-related brain potential analysis
14. Martin Koch  
Measurement of the Self-Diffusion Tensor of Water in the Human Brain
15. Axel Hutt  
Methoden zur Untersuchung der Dynamik raumzeitlicher Signale
16. Frithjof Kruggel  
Detektion und Quantifizierung von Hirnaktivität mit der funktionellen Magnetresonanztomographie
17. Anja Dove  
Lokalisierung an internen Kontrollprozessen beteiligter Hirngebiete mithilfe des Aufgabenwechselfaradigmas und der ereigniskorrelierten funktionellen Magnetresonanztomographie
18. Karsten Steinhauer  
Hirnphysiologische Korrelate prosodischer Satzverarbeitung bei gesprochener und geschriebener Sprache
19. Silke Urban  
Verbinformationen im Satzverstehen
20. Katja Werheid  
Implizites Sequenzlernen bei Morbus Parkinson
21. Doreen Nessler  
Is it Memory or Illusion? Electrophysiological Characteristics of True and False Recognition
22. Christoph Herrmann  
Die Bedeutung von 40-Hz-Oszillationen für kognitive Prozesse

23. Christian Fiebach  
Working Memory and Syntax during Sentence Processing. A neurocognitive investigation with event-related brain potentials and functional magnetic resonance imaging
24. Grit Hein  
Lokalisation von Doppelaufgabendefiziten bei gesunden älteren Personen und neurologischen Patienten
25. Monica de Filippis  
Die visuelle Verarbeitung unbeachteter Wörter. Ein elektrophysiologischer Ansatz.
26. Ulrich Müller  
Die katecholaminerge Modulation präfrontaler kognitiver Funktionen beim Menschen
27. Kristina Uhl  
Kontrollfunktion des Arbeitsgedächtnisses über interferierende Information
28. Ina Bornkessel  
The Argument Dependency Model: A Neurocognitive Approach to Incremental Interpretation
29. Sonja Lattner  
Neurophysiologische Untersuchungen zur auditorischen Verarbeitung von Stimminformationen
30. Christin Grünewald  
Die Rolle motorischer Schemata bei der Objektrepräsentation: Untersuchungen mit funktioneller Magnetresonanztomographie
31. Annett Schirmer  
Emotional Speech Perception: Electrophysiological Insights into the Processing of Emotional Prosody and Word Valence in Men and Women
32. André Szameitat  
Die Funktionalität des lateral-präfrontalen Cortex für die Verarbeitung von Doppelaufgaben