

Monica de Filippis: Die visuelle Verarbeitung unbeachteter Wörter: Ein elektrophysiologischer Ansatz. Leipzig: Max Planck Institute of Cognitive Neuroscience, 2002 (MPI Series in Cognitive Neuroscience; 25)

---

# Die visuelle Verarbeitung unbeachteter Wörter

Ein elektrophysiologischer Ansatz

Von der Fakultät für Biowissenschaften, Pharmazie und Psychologie  
der Universität Leipzig  
genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum naturalium

Dr. rer. nat.

vorgelegt

von Diplom-Psychologin Monica De Filippis  
geboren am 7. April 1974 in Barcelona (Spanien)

Dekan: Prof. Dr. Martin Schlegel  
Gutachter: Prof. Dr. Angela D. Friederici  
Prof. Dr. Erich Schröger  
Prof. Dr. Thomas F. Münte

Tag der Verteidigung 11. Juli 2002



# Vorwort

“Curiosity killed the cat“ (Amerik. Sprichwort). Aber Neugier ist auch die wichtigste Voraussetzung, um etwas Neues, bisher unbeachtetes kennenzulernen. In diesem Geiste kam ich 1999 an das Max-Planck-Institut für neuropsychologische Forschung in Leipzig, um mich mit den Zusammenhängen von Sprache und Aufmerksamkeit zu beschäftigen. Daß sich die Neugier als nicht ganz so tödlich herausgestellt hat, zeigt die vorliegende Arbeit.

Ohne die vielfältige Unterstützung vieler Personen wäre diese Arbeit nie vollendet worden. Ihnen allen möchte ich an dieser Stelle danken. Prof. Dr. Angela D. Friederici hat durch die Bewilligung eines Stipendiums und ihre Unterstützung die Voraussetzungen geschaffen, diese nicht so ganz ins Spektrum des Max-Planck-Instituts für neuropsychologische Forschung passende Aufgabenstellung untersuchen zu können. Dr. Sonja A. Kotz hat den Anstoß zu dieser Arbeit gegeben und sie über die ganze Zeit betreut. Besonders möchte ich auch Dr. Thomas C. Gunter danken, der sich im Laufe der Zeit zu einem zweiten Betreuer entwickelt hat und durch Diskussionen und Anregungen entscheidenden Einfluß auf die Gestaltung der vorliegenden Arbeit genommen hat.

Viele Kollegen am Max-Planck-Institut für neuropsychologische Forschung haben sich in Diskussionen und Beiträgen mit der vorliegenden Arbeit beschäftigt und mit wissenschaftlicher Neugier und Expertise wichtige Anregungen und Hinweise gegeben. Stellvertretend für alle seien an dieser Stelle Dipl.-Psych. Claudia K. Friedrich, Dipl.-Psych. Cornelia Kranczioch, M.A. Sonja Lattner, Dr. Doreen Nessler, Dr. Bertram Opitz, Dipl.-Psych. Annett Schirmer, M.A. Björn-Helmer Schmidt, Dr. Silke Urban und ganz besonders Dipl.-Psych. Juliane Hofmann genannt.

Herzlicher Dank geht auch an die MTAs Heike Böthel, Cornelia Schmidt und Kristiane Werrmann für ihre Hilfe, Unterstützung und fachmännischen Rat bei der Datenerhebung. Dipl.-Inf. Andrea Gast-Sandmann und Kerstin Flake waren unermüdliche und unersetzbare Hilfen bei der graphischen Gestaltung der vorliegenden Arbeit und der Abbildungen.

Viele hier ungenannte Menschen haben sich neben der Arbeit um mich gekümmert und mir dadurch viel Ablenkung und Spaß geschenkt. Vor allen anderen gilt mein Dank meinen Eltern, die mich mein ganzes Leben hindurch unterstützt und angespornt haben, meine eigenen Ideen zu verwirklichen und meine Interessen zu entwickeln. Diese Arbeit wäre sicherlich nicht ohne ihren Glauben an mich zustande gekommen. Ich widme sie daher meinem Vater und meiner Mutter.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>i</b>
<b>Einleitung</b>	<b>vii</b>
<b>1 Sprache und Aufmerksamkeit</b>	<b>1</b>
1.1 Die Kunst zu lesen . . . . .	1
1.1.1 Das visuelle System . . . . .	2
1.1.2 Augenbewegungen beim Lesen: Sakkaden und Wahrnehmungs- spanne . . . . .	6
1.1.3 Wie findet Selektion statt? - Der Fokus der Aufmerksamkeit . . . . .	8
1.2 Die Verarbeitung unbeachteter Wörter . . . . .	10
1.2.1 Wann findet Selektion statt? - Frühe vs. späte Selektion . . . . .	11
1.2.2 Visuelle Wortverarbeitung . . . . .	13
1.2.3 Wie werden unbeachtete Wörter verarbeitet? - Automatisch vs. kontrolliert . . . . .	18
1.3 Zusammenfassung und Zielsetzung . . . . .	20
<b>2 EEG und EKPs</b>	<b>23</b>
2.1 EKP Korrelate der Sprachverarbeitung . . . . .	26
2.1.1 Die P200 Komponente (P200) . . . . .	26
2.1.2 Die N400 Komponente (N400) . . . . .	27
2.2 EKP Korrelate selektiver Aufmerksamkeit . . . . .	31
2.2.1 Die P100-Komponente (P100) . . . . .	32
2.2.2 Die N100-Komponente (N100) . . . . .	34
2.2.3 Die N200 Komponente (N2) . . . . .	35
2.2.4 Die P300 Komponente (P3) . . . . .	36
<b>3 Experiment 1</b>	<b>39</b>
3.1 Einleitung . . . . .	39
3.2 Methoden . . . . .	42
3.2.1 Versuchspersonen . . . . .	42
3.2.2 Stimuli . . . . .	43
3.2.3 Durchführung . . . . .	44

3.2.4	EEG-Messung und Datenanalyse . . . . .	44
3.3	Ergebnisse . . . . .	46
3.3.1	Behaviorale Daten . . . . .	46
3.3.2	EEG Daten . . . . .	47
3.4	Diskussion . . . . .	51
<b>4</b>	<b>Experiment 2</b>	<b>59</b>
4.1	Einleitung . . . . .	59
4.2	Methoden . . . . .	61
4.2.1	Versuchspersonen . . . . .	61
4.2.2	Stimuli . . . . .	61
4.2.3	Durchführung . . . . .	62
4.2.4	EEG-Messung und Datenanalyse . . . . .	62
4.3	Ergebnisse . . . . .	63
4.3.1	Behaviorale Daten . . . . .	63
4.3.2	EEG Daten . . . . .	64
4.4	Diskussion . . . . .	67
<b>5</b>	<b>Typikalitätsrating</b>	<b>71</b>
5.1	Einleitung . . . . .	71
5.2	Methoden . . . . .	72
5.2.1	Versuchspersonen . . . . .	72
5.2.2	Stimuli . . . . .	72
5.2.3	Durchführung . . . . .	72
5.2.4	Datenanalyse und Ergebnisse . . . . .	72
5.3	Diskussion . . . . .	73
<b>6</b>	<b>Experiment 3 und 4</b>	<b>75</b>
6.1	Einleitung . . . . .	75
6.2	Methoden . . . . .	77
6.2.1	Versuchspersonen . . . . .	77
6.2.2	Stimuli . . . . .	77
6.2.3	Durchführung . . . . .	78
6.2.4	EEG-Messung und Datenanalyse . . . . .	78
6.3	Ergebnisse . . . . .	80
6.3.1	Behaviorale Daten . . . . .	80
6.3.2	EEG Daten . . . . .	82
6.4	Diskussion . . . . .	87
<b>7</b>	<b>Experiment 5</b>	<b>91</b>
7.1	Einleitung . . . . .	91
7.2	Methoden . . . . .	93
7.2.1	Versuchspersonen . . . . .	93
7.2.2	Stimuli . . . . .	93
7.2.3	Durchführung . . . . .	94

7.2.4	EEG-Messung und Datenanalyse . . . . .	94
7.2.5	Ergebnisse . . . . .	95
7.3	Diskussion . . . . .	101
<b>8</b>	<b>Experiment 6</b>	<b>105</b>
8.1	Einleitung . . . . .	105
8.2	Methoden . . . . .	108
8.2.1	Versuchspersonen . . . . .	108
8.2.2	Stimuli . . . . .	108
8.2.3	Durchführung . . . . .	109
8.2.4	EEG-Messung und Datenanalyse . . . . .	110
8.2.5	Ergebnisse . . . . .	111
8.2.6	Diskussion . . . . .	118
<b>9</b>	<b>Zusammenfassende Diskussion und Ausblick</b>	<b>125</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>136</b>
	<b>Anhang A</b>	<b>155</b>
9.1	Liste aller Stimuli aus Experiment 1 . . . . .	155
9.1.1	Kategorie: unbelebt . . . . .	155
9.1.2	Kategorie: belebt . . . . .	157
9.2	Liste aller Stimuli aus Experiment 2 . . . . .	158
9.2.1	Kategorie: Nicht-Tiere . . . . .	158
9.2.2	Kategorie: Tiere . . . . .	160
9.3	Liste aller Stimuli aus Experiment 3 . . . . .	161
9.3.1	Kategorie: Nicht-Tiere . . . . .	161
9.3.2	Kategorie: Tiere . . . . .	163
9.4	Liste aller Stimuli aus Experiment 4 . . . . .	164
9.4.1	Kategorie: unbelebt . . . . .	164
9.4.2	Kategorie: belebt . . . . .	166
9.5	Liste aller Stimuli aus Experiment 6 . . . . .	167
9.5.1	Kategorie: unbelebt . . . . .	167
9.5.2	Kategorie: belebt . . . . .	170
	<b>Anhang B</b>	<b>173</b>
9.6	Fragebogen des Typikalitätsratings . . . . .	174





# Einleitung

„When we talk about understanding, surely it takes place only when the mind listens completely ... when you give your whole attention to it“ (J. Krishnamutri, 1895-1986)

Zwei unterschiedliche kognitive Fähigkeiten beeinflussen die visuelle Verarbeitung von Sprache. Zum einen bestimmen sprachspezifische Dekodierung der Wortinformation auf syntaktischer und semantischer Ebene und die beteiligten Prozeß- und Informationsspeichersysteme die Entwicklung eines Diskurses aus einer Reihe einfachster Buchstabenmerkmale. Die Verfügbarkeit unterschiedlicher sprachbezogener Informationen zu verschiedenen Zeitpunkten im Verarbeitungsprozeß wird durch eine Abfolge von Sprachmechanismen wie Identifikation und Integration bestimmt. Zum anderen ist die Verarbeitung sprachlicher Reize auch von Prozessen der selektiven Aufmerksamkeit abhängig. Diese ordnen und manipulieren die verfügbare Information vor dem Erreichen sprachspezifischer Verarbeitungssysteme und auch innerhalb der sprachlichen Verarbeitung.

Die neuropsychologische Forschung hat bisher ein recht inhomogenes Bild der Interaktion von Sprache und Aufmerksamkeit gezeichnet. Aufgrund der wenig untersuchten Verarbeitung unbeachteter Sprache ist nur ein unvollständiges Verständnis der Aufmerksamkeitsmechanismen vorhanden, die in der visuellen Wortverarbeitung beteiligt sind. Die genaue Untersuchung der Verarbeitung unbeachteter Sprache würde die Grenzen der Sprachverarbeitung aufzeigen und es damit ermöglichen, den Einfluß der Aufmerksamkeit auf die Sprachverarbeitung generell zu identifizieren. Durch die mangelnde Auseinandersetzung mit unbeachteter Sprache ist im Moment keine klare Aussage über die vorhandene und auswertbare Informationsmenge möglich, die einer Person beim Lesen zur Verfügung steht. Die vorliegende Arbeit wendet sich der Identifikation der beteiligten Aufmerksamkeitsprozesse in der visuellen Wortverarbeitung zu und befaßt sich mit elektrophysiologischen Korrelaten der beachteten und besonders der unbeachteten Wortverarbeitung, die das experimentelles Paradigma der Untersuchungen darstellt.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit findet eine Einführung in den Gegenstand der Arbeit statt. Grundlegende Informationen über das visuelle System, Augenbewegungen und der Wahrnehmungsspanne werden vermittelt. Auch die vorherrschenden methodischen Überlegungen zur Natur der selektiven Aufmerksamkeit, des Selektionszeitpunktes und der Kontrollmechanismen der selektiven Aufmerksamkeit werden dargestellt. Desweiteren findet eine kurze Einführung in linguistische Modelle der visuellen Sprachverarbeitung statt. Dabei werden folgende offene Fragen zur visuellen Wortverarbeitung deutlich:

- Wann findet die erste Selektion statt? oder genauer Welcher Natur ist eine erste Selektion? Entspricht sie einem Herausfiltern aller nicht selektierten Daten oder nur einer Modulation?
- Ist davon auszugehen, daß räumlich beachtete und unbeachtete Reize derselben Verarbeitung unterliegen oder sind unterschiedliche Prozesse an der Verarbeitung beteiligt?
- Wenn andere Aufmerksamkeitsmechanismen als die räumliche Aufmerksamkeit an der Verarbeitung unbeachteter Wörter beteiligt sind: Welche sind dies und wie werden sie kontrolliert?

Die vorhandenen theoretischen Konstrukte unterscheiden sich in ihren grundlegenden Annahmen über die Natur der Interaktion von Sprache und Aufmerksamkeit und ermöglichen daher keine klare Aussage über die vorhandene und auswertbare Informationsmenge, die einer Person beim Lesen zur Verfügung steht. Unterschiedliche Voraussagen werden über den Zeitpunkt der ersten Selektion, die Natur dieser Selektion, die zu diesem Zeitpunkt verfügbare sprachliche Information, die beteiligten Speichersysteme und die Kontrolle der wahrgenommenen Information getroffen.

Es folgt der zweite Teil, der sich mit der Methode der vorliegenden Arbeit auseinandersetzt. Die ausgewählte Untersuchungsmethode ist die Enzephalographie, genauer die Ereigniskorrelierten Potentiale, da sie als nicht invasive Methode sowohl sehr genaue zeitliche Informationen als auch Aussagen über beteiligte Unterprozesse und deren Interaktion untereinander ermöglicht. Es wird eine Einführung in die Methode der Ereigniskorrelierten Potentiale gegeben. Anschließend werden in einem Überblick alle Potentiale präsentiert, die mit spezifischen Sprach- oder Aufmerksamkeitsprozessen in Verbindung gebracht werden und daher von Bedeutung für das Verständnis und die Diskussion der Arbeit sind.

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist eine möglichst umfassende Bestimmung der Aufmerksamkeitsmechanismen bei der visuellen Sprachverarbeitung durch die Untersuchung unbeachteter Wortverarbeitung. Dabei werden die

offenen Fragestellungen der Einführung aufgegriffen und im Experimententeil der Arbeit umgesetzt.

Das erste Experiment zeigt mit Hilfe eines etablierten sprachlichen Experimentalparadigmas (Kategorisierungsaufgabe), daß unter Berücksichtigung der horizontalen Orientierung geschriebener Sprache auch für räumlich unbeachtetes Wortmaterial eine Verarbeitung der semantischen Kategorien nachzuweisen ist. Die Ergebnisse lassen ebenfalls vermuten, daß für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung unterschiedliche Prozesse verantwortlich sind. Es werden Parallelen zu automatischen und kontrollierten Prozessen gezogen.

Im zweiten Experiment wird anhand der Manipulation der Aufgabenstellung der automatische Charakter der prä-lexikalischen unbeachteten Wortverarbeitung untersucht. Die gezeigte EKP Evidenz spricht gegen die Annahme einer prä-lexikalischen automatischen Verarbeitung unbeachteter Wörter und für die Beteiligung von Aufmerksamkeitsmechanismen. Gleichzeitig weisen die behavioralen Daten auf einen möglichen Einfluß der unterschiedlichen Typikalität der in Experiment 1 und 2 verwendeten Kategorien hin. Eine post-hoc Überprüfung der Typikalität findet in einem sich anschließenden „Einschub“ statt.

Die Kontrolle des Faktors der Typikalität und die Annahme, daß unbeachtete Wortverarbeitung durch Identifikation auf Merkmalsebene stattfindet, wurden in Experiment 3 und 4 untersucht. Die Manipulation der Typikalität zeigt keinerlei Einfluß auf die unbeachtete Wortverarbeitung, deren elektrophysiologisches Korrelat repliziert wird. Die Annahme, daß die beobachtete unbeachtete Wortverarbeitung auf einer durch semantische Voraktivierung erleichterten Identifikation auf der Merkmalsebene beruht, kann nicht durch elektrophysiologische Evidenz bestätigt werden.

Im Experiment 5 wird durch eine Manipulation der Distraktoren innerhalb der semantischen Kategorisierungsaufgabe gezeigt, daß die Verarbeitung beachteter und unbeachteter Reize zusammenhängen. Es werden Hinweise präsentiert, daß Aufmerksamkeitsprozesse für beachtete und unbeachtete Wörter auf dieselben Ressourcen angewiesen sind. Gleichzeitig kann elektrophysiologische Evidenz gegeben werden, daß die Verarbeitung unbeachteter Wörter von einem prä-lexikalischen aufmerksamkeitsspezifischen Koordinationsprozeß abhängig ist. Diese Daten werden hinsichtlich der Unterstützung früher oder später Selektion diskutiert.

Das letzte Experiment untersucht die dem Kategorisierungseffekt unbeachteter Wörter zugrundeliegenden Mechanismen anhand eines Priming Paradigmas und diskutiert, ob dieser Effekt auf Hemmungs- oder Integrationsmechanismen zurückgeführt werden kann. Die berichteten Ergebnisse werden als Unterstützung für die Interpretation als Integrationsprozeß gesehen, welcher sich von den bisher

für beachtete Wörter beobachteten Prozessen unterscheidet. Ein aufgetretener Seiteneffekt wird im Zusammenhang mit hemisphärenspezifischen Sprachprozessen diskutiert.

Im abschließenden Teil der Arbeit werden die Ergebnisse der vorgelegten Experimente zusammengefaßt. Ihre Bedeutung zum Verständnis der unbeachteten Wortverarbeitung und der in der visuellen Wortverarbeitung beteiligten Aufmerksamkeitsmechanismen wird diskutiert. Es folgt ein Ausblick auf die ungelösten Fragestellungen.

# Kapitel 1

## Visuelle Sprachverarbeitung und selektive Aufmerksamkeit

### 1.1 Die Kunst zu lesen

Der Mensch verarbeitet Sprache im täglichen Leben auf zwei unterschiedliche Arten, die auf unterschiedlichen sensorischen Systemen beruhen. Sowohl gesprochene als auch geschriebene Sprache können als Informationsträger genutzt werden, wobei die gesprochene Sprache phylogenetisch als auch ontogenetisch das zuerst entwickelte System darstellt. Die visuelle Sprachverarbeitung, das Lesen, unterscheidet sich nicht nur grob durch das beteiligte sensorische System vom Hören. Die beteiligten sensorischen Systeme sind die Ursache vielfältiger Unterschiede in Verarbeitungsgeschwindigkeit, -gliederung und nutzbarer Information. Als Beispiele können die vom Rezipienten veränderbare Geschwindigkeit (Rayner & Pollatsek, 1989) oder die fehlende prosodische Information beim Lesen gelten. Die visuelle Verarbeitung von Sprache ist interessant, weil sie im Vergleich zur auditorischen Verarbeitung nur beschränkte Information nutzen kann, aber bereits sehr früh eine extrem hohe Manipulation der Information durch den Leser, z.B. durch Aufmerksamkeit, ermöglicht. Dem geübten Leser erscheint der Leseprozess als fließende mühelose Einheit. Genauere Untersuchungen widersprechen aber diesem Eindruck.

Augenbewegungen gliedern die Wahrnehmung von Wörtern in Momentaufnahmen und bestimmen Schnelligkeit und Richtung derselben. Das Lesen ist nicht ein einziger Vorgang, sondern kann in einzelne Prozesse unterteilt werden, die die Verarbeitung auf Wort, Satz und Textebene beschreiben und daher verschiedenen abstrakte Abstufungen der Bedeutung eines Textes generieren (Balota, Flores d'Arcais & Rayner, 1990). Diese Prozesse sind in Unterprozesse unterteilbar,

die sich in ihrer Sensitivität auf Stimulusfaktoren wie Wortlänge oder Wortfrequenz unterscheiden. Der Verarbeitung eines Textes geht daher eine Analyse von visuellen Merkmalen, die Identifikation von Wörtern, der Aufbau einer syntaktischen Ordnung, die Eingliederung der Bedeutung eines Wortes und Satzes in den generellen Kontext und vieles andere voraus. Lesen kann also durchaus als höchst komplexe Interaktion verschiedener Verarbeitungsstufen betrachtet werden. Der größte Anteil aller Studien, die sich mit dem Lesen beschäftigten, untersuchen nur jene Teile der Sprache die im Zentrum der Aufmerksamkeit liegen, d.h. die im jeweiligen Moment zur Verarbeitung „ausgewählt“ worden sind. Die vorliegende Arbeit hat es sich zum Ziel gesetzt, den Einfluß von Aufmerksamkeit im komplexen Vorgang der Sprachverarbeitung zu untersuchen und widmet sich daher besonders der Verarbeitung einer anderen, besonderen Form von Sprache, den unbeachteten Wörtern.

Im Folgenden werden grundlegende Untersuchungen des visuellen Systems, der am Lesen beteiligten Gehirnstrukturen und Augenbewegungen dargestellt. Auf die theoretischen Konstrukte der beim Lesen beteiligten Subprozesse wird später bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter eingegangen werden. Da sich die vorgestellte Arbeit ausschließlich mit der semantischen visuellen Sprachverarbeitung auf Wortebene beschäftigt, werden in diesem Rahmen syntaktische Prozesse und Satzverarbeitung nur am Rande behandelt.

### **1.1.1 Das visuelle System**

Jede visuelle Wahrnehmung resultiert aus einer Serie optischer und neuraler Transformationen. Licht einer bestimmten Wellenlänge trifft zuerst auf die Hornhaut (Cornea) und die Linse, die das Licht brechen und auf der Netzhaut (Retina) abbilden. Dieses Netzhautabbild wird anschließend durch Photorezeptoren in neurale Impulse umgewandelt. Diese neuronalen Impulse werden von einer Vielzahl nachgeordneter Zellen der Retina, unter ihnen die Ganglienzellen, zusammengeschaltet und weitergeleitet. Die visuelle Information erreicht über verschiedene Pfade den visuellen Kortex im Occipitallappen des Gehirns und wird dort in unterschiedliche kortikale Repräsentationen umgewandelt. Eine vereinfachte Darstellung des visuellen Systems ist in Abbildung 1.1 dargestellt. Bereits in den ersten Verarbeitungsschritten der visuellen Information findet eine Beschränkung und Selektion statt, die sich auf die visuelle Wahrnehmung auswirkt und z.B. über die Größe der Fovea auch entscheidenden Einfluß auf Augenbewegungen beim Lesen hat.

Da sich die vorliegende Arbeit mit den Auswirkungen der selektiven Aufmerksamkeit auf die visuelle Wortverarbeitung auseinandersetzt, wird in den folgenden Abschnitten besonders auf diejenigen Eigenschaften des visuellen Sy-

stems eingegangen werden, die eine Selektion der Wahrnehmung ermöglichen. Wenn Licht auf der Netzhaut gespiegelt wird, ist die Netzhautposition der Spie-

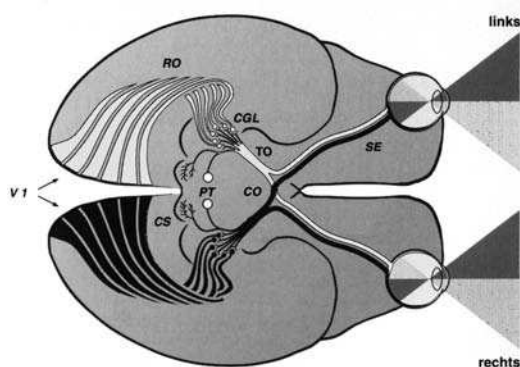


Abbildung 1.1: Eine vereinfachte Darstellung der zentralen Sehbahn. Linkes Gesichtsfeld mit Projektion in die rechte Hemisphäre (hellgrau), rechtes Gesichtsfeld mit Projektion in die linke Hemisphäre (schwarz). SE = Sehnerv, CO = Chiasma opticum, TO = Tractus opticus, CGL = Corpus geniculatum laterale, PT = Prätectum, CS = Colliculi superiores, V1 = primäre Sehrinde

gelung von entscheidender Wichtigkeit. Sie entscheidet mit welcher Auflösung und Farbinformation der Reiz kodiert werden kann. Dies hat seine Ursache in zwei physiologischen Gegebenheiten der Netzhaut: Sie enthält zum einen unterschiedliche Photorezeptoren und zum anderen unterschiedlich spezialisierte Ganglienzellen. Diese Spezialisierung der Wahrnehmung hat Folgen für unser Leseverhalten und die Art, wie wir geschriebene Sprache wahrnehmen. Ein spezieller Bereich der Netzhaut, die Fovea, ist von besonderer Bedeutung für den Leseprozess. Der Durchmesser der Fovea beträgt nur ca. 1,5 mm (Wandell, 1995), aber gleichzeitig sind in diesem Bereich die Mehrzahl aller in der Netzhaut vorhandenen Zapfen enthalten. Zapfen (ca. 5 Millionen) sind eine der zwei fundamental verschiedenen Gruppen von Photorezeptoren, die die Fovea enthält. Die andere Gruppe wird Stäbchen genannt (ca. 100 Millionen). Vereinfacht gesagt, sind Zapfen hauptsächlich für das Farbsehen notwendig, während Stäbchen kaum Farbinformationen, aber dafür eine hohe Lichtempfindlichkeit vermitteln. Die Verteilung der Zapfen in und um die Fovea führt dazu, daß die Fovea den Bereich mit der höchsten visuellen Schärfe auf der Netzhaut darstellt. Dies ist auch dadurch bedingt, daß bei der Weiterverschaltung von Photorezeptoren auf Ganglienzellen nur wenige Zapfen, aber bis zu 1500 Stäbchen auf eine Ganglienzelle geschaltet werden (Kolb, 1994). Dadurch können Informationen mit geringer Intensität gut von Stäbchen erfaßt werden, die räumliche Feindifferenzierung geht dabei jedoch verloren. Die Verarbeitung hoch komplexer Information mit wichtigen räumlichen Differenzierungen, z.B. Buchstaben und Wörter, ist daher am effektivsten, wenn diese Reize auf der Fovea abgebildet werden. Bei der Diskussion von Sakkaden, d.h. typischen Augenbewegungen beim Lesen, wird diese Spezialisierung der Fovea wieder aufgenommen werden.



Die Verschaltung der einzelnen Zelltypen von der Netzhaut bis zum visuellen Kortex wird auch „visueller Pfad“ genannt. Diese visuellen Pfade können von den Photorezeptoren über spezielle Amakrine- und Ganglienzellen im Auge, über Schichten des Corpus geniculatum laterale im Zwischenhirn bis zu bestimmten Strukturen des primären und sekundären visuellen Kortex im Endhirn verfolgt werden. Rodieck & Watanabe (1993) vermuten, daß mehr als 20 verschiedene visuelle Pfade existieren, die in der Retina ihren Anfang nehmen. Diese Parallelität der Informationsverarbeitung stellt ein Organisationsprinzip der visuellen Wahrnehmung dar. Information wird parallel verarbeitet, wobei einzelne Aspekte der Information auf einzelnen Pfaden verstärkt werden. In der vorliegenden Studie wurden vor allem Aufmerksamkeitsprozesse untersucht, die räumliche Information betreffen. Daher wird im Folgenden auf jene speziellen Pfade eingegangen, die der Verarbeitung räumlicher Information dienen. Das Wissen um diese physiologischen Gegebenheiten hat die Entwicklung theoretischer Konstrukte und die Interpretation elektrophysiologischer Korrelate der selektiven räumlichen Aufmerksamkeit stark beeinflusst. Polyak (1957) identifizierte zwei verschiedene Gruppen von Ganglienzellen, die nur bei Primaten vorkommen: die  $\alpha$  und die  $\beta$  Zellen. Die  $\alpha$  Zellen, die das magnozelluläre System bilden, zeichnen sich durch große Dendritenfelder und große rezeptive Felder aus. Sie sind kontrast- und bewegungsempfindlich. Das parvozelluläre System aus  $\beta$  Zellen ist erheblich zahlreicher vertreten und hat kleinere Dendritenfelder und kleinere rezeptive Felder. Es ist außerdem farbempfindlich (Schmidt, 1995). Während  $\beta$  Zellen in der Fovea ihren Input aus einem einzigen Photorezeptor erhalten, ist die Anzahl der Photorezeptoren, die auf eine  $\alpha$  Zelle geschaltet sind, ungleich größer. Dadurch ist das parvozelluläre System besonders geeignet, hohe räumliche Auflösung sicherzustellen, während das magnozelluläre System beste Voraussetzungen für das Kontrast- und Bewegungssehen liefert. Perry, Oehler & Cowey (1984) untersuchten die visuellen Pfade, die in Makakenaffen von der Retina zum Corpus geniculatum laterale führen und konnten dort ebenfalls eine Trennung dieser zwei Systeme feststellen. Das magnozelluläre System innerviert die ventralen Schichten 1 und 2 des Corpus geniculatum laterale, das parvozelluläre System die Schichten 3 bis 6. Das magnozelluläre System transportiert Reize schneller in das Corpus geniculatum laterale als das parvozelluläre System. Es liefert damit eine hohe zeitliche und eine geringe räumliche Auflösung (Merigan, Bryne & Maunsell, 1991).

Im Occipitallappen schließlich ist der visuelle Kortex lokalisiert, der in den primären visuellen Kortex (V1) und höhere visuelle Areale (V2, V4...) unterteilt wird. Das parvo- und magnozelluläre System projizieren unter anderem in verschiedene Schichten von V1, namentlich 4C $\beta$  und 4C $\alpha$ . Zwei verschiedene Organisationsprinzipien der ankommenden Signale, die im Aufbau von V1 begründet

sind, betreffen die räumliche Information. Durch ein Umordnen der Sehbahnen im Chiasma opticum vor Erreichen des Corpus geniculatum laterale wird das rechte visuelle Blickfeld in die linke Hemisphäre des Gehirns projiziert und umgekehrt. Daher stammen die Informationen, die eine Hemisphäre erreichen, aus unterschiedlichen Positionen der zwei Augen. Um die Information der genauen Position zu erhalten, existieren getrennte Neuronensäulen, die das Herkunftsauge eines jeden Signals repräsentieren (Bishop, 1984). Die Position eines Reizes im visuellen Feld wird weiterhin dadurch erhalten, daß V1 eine retinotopische Organisation aufweist (Hubel & Wiesel, 1977). Das bedeutet, daß Reize in V1 Neuronen aktivieren, die im selben räumlichen Verhältnis zueinander stehen wie die Photorezeptoren auf der Retina, die diese Reize empfangen haben.

Bis zum visuellen Kortex sind zwei Prinzipien wichtig für die Informationsverarbeitung beim Lesen und die räumliche Aufmerksamkeit. Erstens kodiert ein spezielles System - das parvozelluläre System - die hohe räumliche Information, die für das Lesen wichtig ist. Als zweites ist die räumliche Position eines jeden Reizes bis zum primären visuellen Kortex mitkodiert und dort bereits an den beteiligten Neuronenpopulationen direkt ablesbar. Diese Spezialisierung in räumliche und nicht-räumliche Information ist für V1 nachgeschaltete Prozesse vermutet worden, z. B. postulierten Ungerleider & Mishkin (1982) aufgrund von Läsionsstudien zwei parallele Verarbeitungswege: eines für Bewegungs-/Rauminformation und ein anderes für visuelle Farb- und Formidentifikation. Obwohl die Vorstellung von zwei vollständig getrennten parallelen Verarbeitungswegen sicher nicht vollständig ist (Merigan & Maunsell, 1993), hat sich das Konstrukt eines parietalen (oder dorsalen) Systems für räumliche Information („Where“) und eines temporalen (oder ventralen) Systems für Objektinformation („What“) erhalten. Eine genaue Beschreibung der an diesen Pfaden beteiligten Gehirnstrukturen würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen, daher wird auf die Untersuchung von Van Essen, Anderson & Felleman (1992) verwiesen. Viele Untersuchungen, die sich mit den elektrophysiologischen Korrelaten der räumlichen Aufmerksamkeit beschäftigten, haben die Idee eines separaten Pfades für räumliche Information aufgegriffen (u.a. Mangun & Hillyard, 1988, 1990). Die physiologisch begründeten Vorstellungen von einem speziellen Pfad für räumliche Information haben kombiniert mit elektrophysiologischen Daten zu einer Hypothese über die Selektion von Stimuluseigenschaften geführt. Dieser sogenannte „gain control mechanism“ (Harter & Aine, 1984) ist von entscheidender Wichtigkeit für die Diskussion einer der Hauptfragen in der selektiven Aufmerksamkeit, nämlich der Unterscheidung einer frühen von einer späten Selektion. Die physiologischen Grundlagen, die bis hier behandelt wurden, bilden daher die Grundlage der theoretischen Aufmerksamkeitskonstrukte, die im Abschnitt 1.2 vorgestellt werden.

### 1.1.2 Augenbewegungen beim Lesen: Sakkaden und Wahrnehmungsspanne

Wie im vorigen Kapitel deutlich wurde, sind auf der Netzhaut nicht alle Positionen gleich gut geeignet, komplexe sehr detaillierte Reize wie z.B. die Schrift abzubilden. Die Fovea ist die Region der Netzhaut, die die höchste visuelle Schärfe sicherstellen kann (Wandell, 1995). Diese Besonderheit der Netzhaut wird generell bei der Wahrnehmung genutzt, und auch der Prozeß des Lesens ist davon beeinflusst. Im Bereich der Fovea und der sie umgebenden Parafovea kann nur ein Teil des zu lesenden Textes abgebildet werden. Obwohl Untersuchungen gezeigt haben, daß unabhängig von der Schriftgröße eine gewisse Konsistenz in der verarbeiteten Buchstabenanzahl besteht (Morrison, 1983), ist die verwertbare Informationsmenge begrenzt. Daher werden beim Lesen Augenbewegungen eingesetzt: die Sakkaden.

Obwohl es den Meisten so erscheint, findet beim Lesen kein gleichmäßiges Dahingleiten der Augen über die Zeilen statt. Lesen besteht aus einer Reihe von sehr schnellen Augenbewegungen - Sakkaden - und anschließenden Fixierungsphasen. Die Dauer einer Sakkade ist abhängig von der Distanz, die bewältigt werden muß (Rayner & Pollatsek, 1989). Eine typische Lesesakkade, die 2° des Blickfeldes überspringt, dauert ca. 30 ms (Abrams, Meyer & Kornblum, 1989). In Sprachen, die eine Links-nach-Rechts Leserichtung haben, z.B. Deutsch, führen ca. 90% aller Sakkaden von links nach rechts vorwärts im Text. Die anderen 10% bestehen aus Regressionen, d.h. Sakkaden, die im Text zurückgehen. Die Regressionen dienen dazu, zu lange Sakkaden zu korrigieren oder Wörter und Satzteile zu refixieren, deren Verarbeitung Probleme macht (Murray & Kennedy, 1988). Zwischen den einzelnen Sakkaden fixiert das Auge Bereiche des Textes. Diese Fixierungsphasen können von 100 ms bis 500 ms dauern (Reichle, Pollatsek, Fisher & Rayner, 1998). Eine genaue Analyse der Augenbewegungen würde zeigen, daß selbst in den Fixierungsphasen beim Lesen winzigste Augenbewegungen, der sogenannte Nystagmus, auftreten. Diese Augenbewegungen sind aber im großen Kontext des Lesens zu vernachlässigen.

Im Folgenden werden die Anteile der Wahrnehmung und Stimulusverarbeitung diskutiert, die abhängig von Sakkaden sind. Besonders zwei Fragen sind für die vorliegende Arbeit von Bedeutung: Was genau nehmen wir in welcher Phase des Lesens wahr? und Wie kann Aufmerksamkeit die Wahrnehmung beeinflussen?

Matin (1974) beobachtete, daß die Sensitivität bezüglich visueller Reize während der Sakkaden schwer beeinträchtigt ist. Seitdem haben sich eine Vielzahl von Studien damit beschäftigt, zu welchem Grad die Wahrnehmung während der Sak-

kaden unterdrückt wird. Bei komplexen Reizen wie Wörtern geht man davon aus, daß so gut wie keine nutzbare Information während einer Sakkade extrahiert wird (Riggs, Merton & Morton, 1974; Wolverton & Zola, 1983). Die Phase der Textwahrnehmung bleibt also auf die Fixierungsphasen beschränkt. Während einer Fixierungsphase befinden sich Reize an unterschiedlichen Positionen im Blickfeld und werden auf der Netzhaut sowohl in der Fovea, in der sie umgebenden Parafovea und in der Peripherie abgebildet. Wie bereits dargestellt, ist die Abbildung auf der Fovea ideal für die Reizverarbeitung, aber einfache große Zielreize können auch wahrgenommen werden, wenn sie auf der Peripherie der Netzhaut abgebildet werden (Pollatsek, Rayner & Collins, 1984). Eine wichtige Frage ist daher, wieviel und welche Information innerhalb einer Fixierungsphase verarbeitet werden kann. Untersuchungen zur Wahrnehmungsspanne innerhalb einer Fixierungsphase haben mit unterschiedlichen Methoden (für eine Übersicht, siehe Rayner, 1998) zeigen können, daß die Wahrnehmungsspanne eher klein ist. Sie beträgt nicht mehr als 3 bis 4 Buchstaben nach links (Underwood & McConkie, 1985) und um die 14 Buchstaben nach rechts (Rayner, 1986). Diese Werte unterliegen starken Schwankungen abhängig von der Leseerfahrung des Probanden (Rayner, 1986), der Charakteristik der Schrift, d.h. ideographisch oder phonetisch basierte Schriften (Osaka, 1992), und der Schwierigkeit des Textes (Inhoff, Pollatsek, Posner & Rayner, 1989). Wenig Leseerfahrung, ein schwieriger Text oder komplexe ideographische Schrift verkleinern die Wahrnehmungsspanne deutlich.

Die Position innerhalb der Wahrnehmungsspanne bedeutet bei komplexen Reizen wie Buchstaben aber nicht, daß diese korrekt identifiziert werden können. Aus den äußeren Regionen dieser Wahrnehmungsspanne werden nur Informationen bezüglich der Wortlänge extrahiert (Rayner, 1986). Die Identifikation von Wörtern findet wahrscheinlich in einem kleineren Bereich von 7 bis 8 Buchstaben rechts vom Fixationspunkt statt (McConkie & Zola, 1987). Damit sollte der Bereich, in dem Schrift verarbeitet werden kann, genau beschrieben und eingeschränkt sein. Das ist aber offensichtlich nicht der Fall, wie viele Studien gezeigt haben (z.B. Federmeier & Kutas, 1999; McCarthy & Nobre, 1993; Posner, 1980). In diesen Studien wurden bei zentraler Fixierung Reize in einem der beiden visuellen Halbfelder präsentiert. Dabei wurde die Reizdarbietung entweder so kurz gestaltet, daß keine Augenbewegungen ausgeführt werden konnten, oder die Augenbewegungen wurden anhand von Elektroden oder Scann-Vorrichtungen kontrolliert. Die Ergebnisse dieser Studien zeigten, daß Reize und auch Wortmaterial sehr gut verarbeitet werden können, wenn sie relativ zum Fixationspunkt des Auges parafoveal oder in der Peripherie präsentiert werden. Seine Ursache hat dies in einem anderen kognitiven Prozeß, der abgesehen von den physiologischen Gegebenheiten des visuellen Systems eine wichtige Rolle in der Worterkennung spielt:

der Aufmerksamkeit. Im nächsten Abschnitt wird dargestellt, wie Aufmerksamkeit die Wahrnehmung von Wortmaterial beeinflussen kann und wie sie im Raum ausgerichtet wird.

### 1.1.3 Wie findet Selektion statt? - Der Fokus der Aufmerksamkeit

Ein jeder macht tagtäglich Erfahrungen mit selektiver Aufmerksamkeit. Wenn wir uns in einer Gruppe sprechender Menschen auf eine Stimme konzentrieren und den Rest der akustischen Signale „ausschalten“ oder ein Buch lesen und dabei nicht bemerken wie der Tisch aussieht, auf dem das Buch liegt, geben wir Signalen, die in großer Menge unsere sensorischen Systeme erreichen, durch Selektion einen anderen Stellenwert. Diese Selektion findet in unzähligen Abstufungen statt. Einiges ist durch das sensorische System vorgegeben, einiges kann durch Intentionen umgesetzt werden. Selektive Aufmerksamkeit ist aber auch ein Prozeß, bei dem ein Aspekt der zur Verfügung stehenden Stimulusinformation genutzt wird, um eine Identifikation oder Lokalisation durchzuführen (Yantis, 1996). Zum Beispiel kann die Farbe eines Objektes als selektives Merkmal dienen. Dabei wird die Umwelt spezifisch nach diesem Stimulusaspekt abgesucht und die Identifikation aufgrund des selektierten Merkmals abgeschlossen. Beiden Beispielen, so unterschiedlich sie auch scheinen, liegt derselbe Mechanismus zu Grunde: Ein Selektionsmerkmal - Position oder Farbe - dient zur Modulation des sensorischen Inputs.

Da sich die vorliegende Arbeit mit visueller Wortverarbeitung beschäftigt, ist besonders der Aspekt der Selektion der Position von besonderer Bedeutung. Schrift zeichnet sich durch einzelne Informationsträger wie Buchstaben und Wörter aus, deren Position im Raum über die beinhaltete Bedeutung entscheidet. Lesen bedeutet, Information zu verarbeiten, die aus der Verbindung von Informationsträger (Buchstabe) und Position entsteht. Die Fähigkeit, Informationen aufgrund ihrer räumlichen Position zu selektieren, wird als Prozeß der räumlichen Aufmerksamkeit bezeichnet. Im vorherigen Abschnitt wurde vorgestellt, wie die Wahrnehmungsspanne aussieht, wenn ausschließlich physiologische Gegebenheiten bestimmend sind. Bei Fixierungsphasen im Leseprozeß ist dies der Fall, weil davon ausgegangen wird, daß während dieser Phasen der Wortverarbeitung die Position in der Fovea auch die beachtete Position ist (für ein umfassendes Modell der Augenbewegungen, siehe Reichle et al., 1998). Viele Untersuchungen haben aber gezeigt, daß räumliche Aufmerksamkeit auch unabhängig von Augenbewegungen ausgerichtet sein kann (Posner, 1980). Wie muß man sich diese räumliche Aufmerksamkeit vorstellen? Zwei leicht unterschiedliche Modelle der räumlichen Aufmerksamkeit beherrschen die aktuelle Diskussion. Sie haben den Begriff des

„Fokus der Aufmerksamkeit“ als Konstrukt der räumlich positionierten Aufmerksamkeit in die Diskussion eingeführt. Jonides (1983) entwickelte die Vorstellung von einem „Scheinwerfer“ (spotlight) der Aufmerksamkeit, der sich in einer bestimmten Größe über das Blickfeld bewegt. Stimuli innerhalb des Scheinwerfers werden schneller und effizienter verarbeitet als außerhalb. Dieses Modell wurde von Eriksen & Yeh (1985) zum „Linsen“ Modell (zoom lens) erweitert. In diesem Modell ist die Größe des Fokusses nicht mehr starr, sondern verändert sich abhängig von Aufgabenstellung und Reizkomplexität (Eriksen & St. James, 1986; LaBerge, 1983). Ein weiterer Vorteil des zoom-lens Modells besteht darin, daß keine festen Grenzen des Fokusses sondern eine weiche Übergangszone postuliert wird wie sie von Castiello & Umilta (1992) gezeigt werden konnte. Die Frage, ob nur ein unteilbarer Aufmerksamkeitsfokus oder mehrere vorhanden sind, ist kontrovers diskutiert worden. Die meisten Untersuchungen sprechen tatsächlich für einen unteilbaren Fokus (McCormick, Klein & Johnston, 1998). Der Fokus der Aufmerksamkeit ist also so etwas wie eine zweite mobile Fovea des visuellen Systems. Auch er bewirkt eine Verbesserung der Wahrnehmung an einer bestimmten Position, ist aber unabhängig von Augenbewegungen (Posner, 1980), unterschiedlich groß (LaBerge, 1983) und kann im visuellen Feld frei positioniert werden. Damit ist erklärt, warum in unterschiedlichen Halbfelduntersuchungen auch parafoveal Wortmaterial verarbeitet werden konnte (z.B. McCarthy & Nobre, 1993). Nicht nur die Position auf der Netzhaut sondern besonders die Position inner- oder außerhalb des Aufmerksamkeitsfokusses bestimmt die Wahrnehmungsspanne. Die Zusammenhänge zwischen Aufmerksamkeitsfokus und Augenbewegungen sind in einer Vielzahl von Studien untersucht worden. Shepherd, Findlay & Hockey (1986) konnten eine feste Verbindung von Aufmerksamkeitsfokus und Augenbewegungen zeigen. Die Ausführung einer Augenbewegung führte zu einer Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokusses an die „Landeposition“ der Augenbewegung. Diese Verschiebung war auch noch 300 ms nach Initiierung der Augenbewegung nachweisbar. In vielen weiteren Studien sind Stimulusdetektionsaufgaben mit unterschiedlich positionierten Stimuli mit instruierten Blickbewegungen oder gerichteter Aufmerksamkeit verbunden worden. Der größte Teil der Untersuchungen belegt, daß der Aufmerksamkeitsfokus bei Fixierung der Augen vollständig unabhängig im Raum positionierbar ist, aber Augenbewegungen die Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokusses erfordern (Deubel & Schneider, 1996).

In der vorliegenden Arbeit soll die Verarbeitung von Wörtern bei unterschiedlicher Beteiligung von Aufmerksamkeit untersucht werden. Die bis zu diesem Punkt zusammengefaßten Untersuchungen weisen dabei auf zwei wichtige Überlegungen und zu kontrollierende Faktoren hin. Die Verarbeitung von Wortmaterial ist von der physikalischen Reizqualität abhängig, die über die Position auf

der Netzhaut bestimmt wird. Diese Beschränkung kann durch die räumliche Aufmerksamkeit aufgehoben werden, die Position innerhalb des Aufmerksamkeitsfokusses ist von großer Wichtigkeit für die Wortverarbeitung. Beide Voraussetzungen, retinal und fokusspezifisch, interagieren miteinander in einem Kontinuum der Wahrnehmungsmöglichkeiten. Sowohl die retinalen als auch die aufmerksamkeitsbezogenen Eigenschaften werden in der vorliegenden Untersuchung kontrolliert werden.

## 1.2 Die Verarbeitung unbeachteter Wörter

In den vorausgegangenen Kapiteln wurden verschiedene grundlegende Mechanismen vorgestellt, die die Wahrnehmung und Verarbeitung visueller Reize beeinflussen. Die physiologischen Gegebenheiten des visuellen Apparates und die primären visuellen Zentren des Gehirns bedingen die Kodierung der Reize und die zur Verfügung stehenden Verarbeitungsmechanismen. Ein weiterer Mechanismus von großer Wichtigkeit für die visuelle Wahrnehmung ist die Aufmerksamkeit, die eine Modulation der Reizverarbeitung bewirkt. Die vorliegende Arbeit hat es sich zum Ziel gesetzt, den Anteil der visuellen Wortverarbeitung zu bestimmen, der einer Modulation durch Aufmerksamkeit unterliegt und dessen Grenzen auszuloten. Die Fragestellung, ob auch unbeachtete Wörter verarbeitet werden, berührt zwei große Themen der Aufmerksamkeits- und Sprachforschung der letzten Jahrzehnte. Die Selektionstheorien der Aufmerksamkeit beschäftigen sich mit der Frage, welcher Natur die Selektion der Reizverarbeitung durch Aufmerksamkeit ist. Im Speziellen soll der Ort oder Prozeßabschnitt und die Art der Selektion (absolut/modulierend) bestimmt werden. In der Sprachforschung liegt der Schwerpunkt darin zu bestimmen, welche Sprachverarbeitungsprozesse Aufmerksamkeit benötigen und wie deren zeitlicher Verlauf beschaffen ist.

Unbeachtete Wörter sind Reize, die sich in ihrer physikalischen Qualität so wenig wie möglich von „normalen“ beachteten Wörtern unterscheiden, aber nicht im Fokus der Aufmerksamkeit liegen, also durch Instruktionen, Reizdauer oder andere Reizmanipulationen nicht zur Verarbeitung vorgesehen sind. Sie sollen nicht bewußt vom Individuum zur Weiterverarbeitung bestimmt werden und auch nicht aufgrund besonders salienter Merkmale Aufmerksamkeit auf sich ziehen (wie z.B. pop-outs). Die Untersuchung der Verarbeitung solcher Wörter kann daher wichtige Hinweise sowohl zur Rolle der Aufmerksamkeit in der Verarbeitung als auch zur visuellen Sprachverarbeitung per se geben.

In den folgenden Kapiteln wird ein Überblick über grundlegende Fragestellungen gegeben werden, die in Verbindung mit der Verarbeitung unbeachteter Wörter stehen: Werden Wortreize selektiert? Wann werden Wortreize selektiert? und Was sagt uns das über die normale visuelle Wortverarbeitung?

### 1.2.1 Wann findet Selektion statt? - Frühe vs. späte Selektion

Die Idee der selektiven Aufmerksamkeit erfuhr durch Broadbent (1958) einen entscheidenden Einfluß. Durch seine Theorie der „frühen Selektion“ („early selection“) wurde selektive Aufmerksamkeit als Filtermechanismus propagiert. Diese Auffassung bildet bis heute die vorherrschende Grundlage selektiver Aufmerksamkeitsmodelle. Selektive Aufmerksamkeit wurde mit einem Filter verglichen, dessen Aufgabe darin liegt, die limitierte Kapazität des Verarbeitungssystems vor Überladung zu schützen. Die Vorstellung, daß Reize aufgrund ihrer Eigenschaften während ihrer Verarbeitung eine Auswahl erfahren, beschreibt Grundidee und Aufgabe des Konstrukts „selektive Aufmerksamkeit“.

Im theoretischen Ansatz von Broadbent (1958) werden die Reize parallel in verschiedenen sensorischen Systemen enkodiert und anschließend in einem „Rohzustand“ vor ihrer Identifikation oder Klassifikation selektiert und seriell weiterverarbeitet. Da Reize einen schmalen „Selektionskanal“ passieren müssen, um bewußt wahrgenommen zu werden, wird diese Theorie auch als Flaschenhals („bottleneck“) Theorie bezeichnet. Dieser „Alles oder Nichts“ Ansatz wurde später von Treisman (1960) und Broadbent (1971) revidiert und ein probabilistischer Modulationsfilter anstatt eines Selektionsfilters propagiert. Dabei wurde nicht mehr angenommen, daß Information aus einem nicht selektierten Kanal vollständig verloren ist, sie hat nur eine geringere Wahrscheinlichkeit, vollständig verarbeitet zu werden.

Die Kernaussage früher Selektionsmodelle ist daher nicht, daß Information in einer frühen Verarbeitungsebene selektiert wird, sondern daß eine frühe Selektion generell möglich ist. Dessen ungeachtet enthalten auch viele später entstandene Modelle Selektionsfilter, vor allem in Bezug zur räumlichen Aufmerksamkeit. Wie bereits in früheren Kapiteln festgestellt wurde, gibt es Hinweise auf unterschiedliche Verarbeitungswege für räumliche und nicht-räumliche Information (z.B. Haxby, Horwitz, Ungerleider, Maisog, Pietrini & Grady, 1994) und auch behaviorale Studien haben gezeigt, daß der Selektion nicht-räumlicher Information eine räumliche Kodierung vorausgeht (z.B. Hillyard & Anllo-Vento, 1998). Die besondere Stellung der räumlichen Aufmerksamkeit wurde von Treisman (1988) im Rahmen ihrer Wahrnehmungstheorie („feature-integration theory“) aufgegriffen. Selektive Aufmerksamkeit ist hier die Voraussetzung für die Wahrnehmung komplexer Reize. Auch wenn die einzelnen Reizdimensionen wie Farbe oder Orientierung parallel ohne Aufmerksamkeit verarbeitet werden können, ist eine Verbindung der Reizeigenschaften zu einem Objekt nur durch selektive Aufmerksamkeit und im speziellen räumliche selektive Aufmerksamkeit möglich (Treisman & Gelade, 1980). Wenn also nach mehr als eindimensionalen Reizen gesucht wird (z.B. das grüne Quadrat im Gegensatz zu dem grünen Reiz), ist die Selektion



einer bestimmten Position durch den Aufmerksamkeitsfokus die Voraussetzung für die Verbindung aller Reizeigenschaften zu einem multidimensionalen Objekt. Damit wird die räumliche Aufmerksamkeit als Selektionsfilter eingeführt. Nur an beachteten Positionen passieren Reize die Grenze von losgelösten Merkmalen zu vollständigen Objekten. Alle räumlich unbeachteten Objekte erzeugen höchstens illusorische, zufällig verteilte Kombinationen.

Hansen & Hillyard (1983) erweiterten im Zuge elektrophysiologischer Untersuchungen frühe Selektionsmodelle und propagierten ein System hierarchischer Filter. Bestimmte Reizeigenschaften sind zu unterschiedlichen Zeiten als Selektionskriterien verfügbar. Daher kann die Auswahl eines Reizes durch eine Kette von Filterprozessen erfolgen, die schließlich das Selektieren einer ganz speziellen Reizkombination ermöglicht. Untersuchungen zur Reihenfolge der Selektionsmechanismen (Wijers, 1989) bestätigten die besondere Stellung der räumlichen vor farbspezifischen und sonstigen Reizeigenschaften. Auch die hierarchischen Filter von Hansen & Hillyard (1983) sind Selektionsfilter und beschreiben das „Herausfiltern“ von Information. Die Verarbeitung von Reizen, die an einem der Filter zurückgewiesen werden, wird nicht fortgeführt, sondern endet dort. Da räumliche Aufmerksamkeit den zeitlich frühesten Filtermechanismus darstellt, wird auch nach diesem Modell nicht davon ausgegangen, daß räumlich nicht-selektierte Reize weiterverarbeitet werden.

Die bis zu diesem Zeitpunkt beschriebenen Modelle werden den frühen Selektionsmodellen zugeordnet, da sie eine Selektion und damit einen Aufmerksamkeitsmechanismus vor der Reizidentifikation ansetzen. Ein weiteres Kennzeichen dieser Modelle ist, daß sie Reizverarbeitung als einen in seinen Ressourcen limitierten Prozeß ansehen, dessen Überlastung durch eine möglichst frühe Selektion verhindert werden soll.

Die im Folgenden vorgestellten Aufmerksamkeitsmodelle unterscheiden sich in diesen zwei Punkten und werden als späte Selektionsmodelle bezeichnet („late selection“). Das Modell von Deutsch & Deutsch (1963) beschreibt ein konnektionistisches Identifikationssystem, das aus aktivierbaren Worteinheiten, den „logogen“ besteht. Wie allgemein in konnektionistischen Modellen ist kein separates Speichermodell nötig und das System ist durch Erfahrungen lernfähig. In diesem System findet für jedes Wort, egal ob beachtet oder nicht, eine Identifikation statt. Die Selektion findet erst danach in einem späteren Prozeß statt und ist mit einem Bewußtwerden der Reize gekoppelt. Deutsch & Deutsch (1963) trennen daher Identifikation und bewußte Wahrnehmung eines Wortes und weisen der selektiven Aufmerksamkeit nur eine Rolle bei letzterem Prozeß zu.

Weitere späte Selektionsmodelle sind die Modelle von Van der Heijden (1993) und Phaf, Van der Heijden & Hudson (1990) zur Informationsverarbeitung. Bei-

de Modelle enthalten wie das Modell von Treisman & Gelade (1980), ein frühes Selektionsmodell, separate Kodierungsmodule für räumliche und nicht-räumliche Reizeigenschaften. Im Gegensatz zu Treisman & Gelade (1980) werden jedoch sowohl bei Van der Heijden als auch bei Phaf und Kollegen alle Stimuli ohne Aufmerksamkeit identifiziert. Die Rolle der selektiven Aufmerksamkeit ist es, Stimuli zu verstärken und damit eine Selektion nach der Identifikation aller Reize zu ermöglichen. Die grundlegende Aufgabe der selektiven Aufmerksamkeit in den späten Selektionsmodellen ist es nicht mehr, ein in seinen Ressourcen limitiertes Verarbeitungssystem vor Überlastung zu schützen. Mannigfaltige Reize werden vom System ohne Probleme verarbeitet, ausschließlich die Zuordnung von Reaktionen zu einzelnen Reizen macht eine Selektion der Reize notwendig. Das von Duncan (1980) entwickelte späte Selektionsmodell geht speziell darauf ein, was späte Selektion für Wortverarbeitung bedeutet. Die in diesem Modell propagierte parallele automatische Verarbeitung schließt die Identifikation von Position, Farbe und Form und den Abruf von Wortbedeutung aus dem Gedächtnis ohne Aufmerksamkeit ein. Diese Information muß einen Selektionsmechanismus nur durchlaufen, um bewußt zu werden. Abhängig vom Selektionsmodell der Aufmerksamkeit sind also sehr unterschiedliche Ergebnisse bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter zu erwarten, vor allem wenn die Position im Raum als Selektionskriterium dient.

Um besser nachzuvollziehen, was für eine Bedeutung der Zeitpunkt der Selektion im Speziellen für eine so komplexe Verarbeitung wie die der Sprache hat, wird im Folgenden ein kleiner Exkurs zu den gängigsten Modelle der visuellen Sprachverarbeitung stattfinden. Dabei werden auch psycholinguistische Modelle von Bedeutung sein, deren Deckung mit neuropsychologischen Modellen nicht immer gegeben ist.

### 1.2.2 Visuelle Wortverarbeitung

Bei gesprochener Sprache findet man eine seriell geprägte Wahrnehmung, z.B. in Hinsicht auf die einander folgenden Phoneme. Daher ist die Zeitstruktur der einzelnen Reize von besonderer Wichtigkeit. Im Gegensatz dazu sind bei geschriebener Sprache viele Information, z.B. viele Buchstaben, gleichzeitig verfügbar. Diese Eigenschaft der visuellen Wahrnehmung betont die Wichtigkeit der räumlichen Information und ist auch in den theoretischen Überlegungen zur visuellen Sprachverarbeitung wiederzufinden.

#### Merkmalsanalyse-Identifikation-Integration

Die Grundlage der lateinischen Schrift sind Buchstaben. Diese wiederum bestehen aus einem eingeschränkten Set von Linien und Kurven. Besonders deutlich

wird dies wenn man Druckbuchstaben betrachtet, die quasi die auf das Wesentliche abstrahierten, genormten Formen der Schreibschriftbuchstaben sind. Die meisten Buchstaben des lateinischen Alphabets lassen sich bereits aus waagerechten und senkrechten Linien konstruieren. Daher enthalten die meisten Modelle der visuellen Wortverarbeitung als initialen Schritt eine Merkmalsanalyse, die Zusammensetzung einfacher Teile zu einem Ganzen, einem Buchstaben. Im zweiten Schritt führen die zusammengesetzten Merkmale, egal ob direkt über die Buchstabenebene (Seidenberg & McClelland, 1989) oder auch über Bigramm- und Trigrammebenen (Cole, Magnan & Grainger, 1999; Greenberg & Vellutino, 1988), zur Identifikation eines Wortes. Auf einer abstrakten Ebene bedeutet dies, daß von allen möglichen Wörtern eines als das eben gelesene erkannt worden ist. Bei der Identifikation werden viele unterschiedliche Informationen verfügbar, die zu dem identifizierten Wort gespeichert worden sind. Bei der Integration erfolgt schließlich die Einordnung eines Wortes in den semantischen Kontext eines Satzes, einer Aufgabenstellung oder generell eines höheren Zusammenhangs. Im Folgenden werden zwei verschiedene Modelle zur Worterkennung vorgestellt, um einen Überblick über die geläufigsten Konzepte zu bieten.

Ursprünglich ein linguistisches Modell der Sprachproduktion wurde das Modell von Levelt (1989) für die visuelle Sprachverarbeitung von Perfetti (1999) angepaßt. Dieses neue Modell geht nicht speziell auf den ersten Schritt - die Merkmalsanalyse - ein. Im Zentrum dieses Modells stehen vielmehr die Prozesse der Wortidentifikation und der Wortinterpretation/Integration. Abbildung 1.2 zeigt eine Übersicht über das Modell, in welchem zwei verschiedene Prozeßarten interagieren. Zur Linken, rötlich markiert, sind linguistische Prozesse dargestellt, also speziell der Sprache zugeordnete Mechanismen. Die Verarbeitung eines Wortes wird aber auch durch verschiedene allgemeine Informationsspeicher- und Wissenssysteme beeinflusst, die in den blau markierten Kästen dargestellt sind. Die visuelle Wortverarbeitung beginnt durch den visuellen Input eines Wortes, dessen Ergebnis sowohl graphemische (z.B. Buchstaben, Bigramme, Trigramme) als auch phonologische Einheiten (Lauteinheiten) aktiviert. Diese Einheiten setzen sich zu einem Wort zusammen.

Alle einem Individuum bekannten Wörter, sowohl Wortformen als auch Bedeutungsinhalte, sind in einem mentalen Informationsspeicher, dem Lexikon, enthalten. Eine Identifikation findet dann statt, wenn die aktivierten graphemischen und phonologischen Einheiten eine oder mehrere Wortformen in dem Lexikon aktivieren, die dem visuellen Input entsprechen. Die Interaktion zwischen graphemischen und phonologischen Einheiten ist unterschiedlich diskutiert worden. Da diese Diskussion für die Fragestellung in der vorliegenden Arbeit nicht kritisch ist, wird bei Interesse auf Arbeiten von Paap & Noel (1991) oder Sadoski & Paivio (2001) verwiesen. Nach der Identifikation wird mit Hilfe von linguistischen und

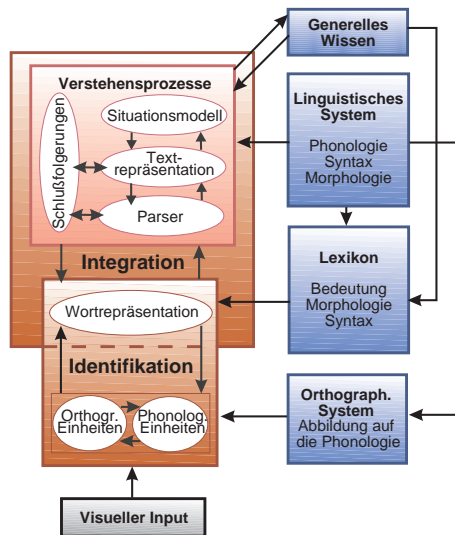


Abbildung 1.2: Eine schematische Darstellung der allgemeinen Komponenten des Leseprozesses nach Perfetti (1999), S. 169. Die Pfeile im Modell repräsentieren die Richtung des Informationsflusses oder der möglichen Einflußnahme.

generellen Wissenssystemen die weitere Struktur, z.B. die Integration des Wortes im Satz, aber auch die endgültige Auswahl der Bedeutung eines mehrdeutigen Wortes und der allgemeine Kontext entwickelt.

Diese Art von eher seriell orientierten Modellen versucht nicht, eine kognitive Architektur zu entwickeln, sondern beschreibt lediglich die nötigen Informationsquellen und postuliert eine Reihenfolge der verfügbaren Information. Daher wird nun kurz eine andere Art von Modell, ein kognitives Netzwerkmodell, vorgestellt, welches sich gerade mit der Art der Informationsverarbeitung - dem „Wie“ - beschäftigt. Ursprünglich von Rumelhart & McClelland (1982) entwickelt, wurde dieses Modell später u.a. von Seidenberg & McClelland (1989) erweitert. Anstatt wie Perfetti (1999) ein statisches Modell aufgrund der vorhandenen Empirie zu erstellen, wurde ein Modell konstruiert, das aufgrund bestimmter Lernalgorithmen fähig ist, sich so zu entwickeln, daß beobachtete Phänomene der Wortverarbeitung nachgebildet werden können. Die grundlegende Architektur kognitiver Netzwerkmodelle bilden verschiedene miteinander verbundene Ebenen, in denen bestimmte Repräsentationen als Knoten dargestellt sind (siehe Abbildung 1.3). Ein wichtiges Merkmal dieser Ebenen ist die vollständige Vernetzung innerhalb und mit anderen Ebenen. Daher werden solche Modelle auch als parallele Modelle bezeichnet, da sie sowohl innerhalb als auch teilweise über die Ebenen hinaus, gleichzeitige Aktivierungen aller Wortteile voraussetzen. Einfache mathematische Algorithmen, die Bahnung und Hemmung zwischen Nervenzellen nachbilden, lassen das

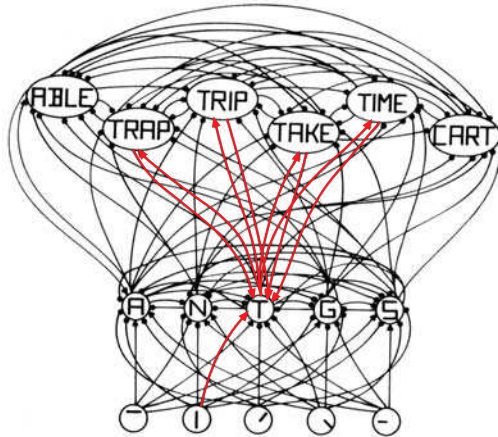


Abbildung 1.3: Eine schematische Darstellung der Merkmals-Buchstaben- und Wortebene und ihrer Vernetzungen nach McClelland & Rumelhart (1981), S. 380. Hemmende Verbindungen sind durch einen Knopf, aktivierende Verbindungen durch einen Pfeil am Ende einer Linie dargestellt. Als Beispiel einer Aktivierungsausbreitung ist die erhöhte Aktivität innerhalb des Netzwerkes (nicht die hemmende) rot markiert, die von einem zentralen vertikalen Strich auf der ersten Buchstabenposition ausgeht.

System durch Eingabe von Stimulusmaterial lernen und einen stabilen Status erreichen, wobei Wörter nicht dauerhaft als Repräsentationen vorliegen, sondern aus einem Aktivierungsmuster entstehen. Der Vorteil dieser Modelle liegt in der Orientierung an physiologischen Prozessen, ihrer Lernfähigkeit und der Parallelität, die z.B. Effekte wie den „word- superiority“ Effekt (Wheeler, 1970) erklären kann, die Tatsache, daß ein Buchstabe innerhalb eines Wortes besser erkannt wird als bei einzelner Präsentation des Buchstabens.

Von besonderem Interesse für die vorliegende Studie ist die Frage nach der Reihen- und Zeitfolge der verschiedenen Aktivierungen. Ob die graphemischen, phonologischen und Bedeutungsaktivierungen innerhalb der Wortverarbeitung zu unterschiedlichen Zeitpunkten verfügbar sind, und wie die genauen Zeitparameter lauten, ist sehr kontrovers diskutiert worden. Nach einem hierarchischen Modell (Levelt, 1989) in dem eine Ebene erst dann erreicht wird, wenn die Verarbeitung auf der vorausgegangenen Ebene abgeschlossen ist, würde man erwarten, daß bestimmte Stimuluseigenschaften eher als andere verfügbar sind. Auch das Modell von Perfetti (1999) würde voraussagen, daß graphemische Information vor z.B. der Wortbedeutung verfügbar ist, auch wenn ein Einfluß der Wortbedeutung auf unteren Ebenen möglich ist. Ein paralleles Modell (Rumelhart & McClelland, 1982) könnte jedoch annehmen, daß z.B. die Identifikation eines Wortes und der darin enthaltenen Buchstaben gleichzeitig erfolgt und daher Informationen innerhalb verschiedener Ebenen gleichzeitig verfügbar sind.

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß sich tatsächlich ein zeitlicher Verlauf für die Verfügbarkeit von Worteigenschaften feststellen läßt. In Pri-

ming Studien wurden in lexikalischen Entscheidungsaufgaben die Präsentationszeiten des Prime Reizes und die Beziehung der Prime-Target Wortpaare variiert. Dabei konnte gezeigt werden, daß mit kurzer Primepräsentation bestimmte gemeinsame Worteigenschaften zwischen Prime und Target Reizen einen Effekt erzeugten und andere nicht. Diese Studien konnten belegen, daß orthographische Worteigenschaften vor phonologischen verfügbar sind (Ferrand & Grainger, 1993; Perfetti & Bell, 1991) und semantische Inhalte erst später folgen (Perfetti & Tan, 1998). Da aber anzunehmen ist, daß vielfältige Faktoren wie die Wortfrequenz, die Wortlänge und die Bedeutungsvielfalt eines Wortes die zeitliche Struktur der Verarbeitungsprozesse entscheidend beeinflussen können, ist eine endgültige allgemeine Aussage über die Reihenfolge der verfügbaren Worteigenschaften zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Im Zusammenhang mit den im vorigen Kapitel vorgestellten Aufmerksamkeitstheorien kann festgestellt werden, daß abhängig vom Zeitpunkt der Selektion sehr unterschiedliche Informationen verfügbar sein sollten. Eine frühe Selektion nach der Merkmalsanalyse würde dazu führen, daß allerhöchstens graphemische Informationen der nicht-selektierten Wörter verfügbar sind. Folgt man Treisman & Gelade (1980) sind nicht einmal diese, sondern nur zufällig entstandenen und gruppierte Merkmalskombinationen räumlich unbeachteter Wörter verarbeitet. Bedeutung und andere Eigenschaften eines unbeachteten Wortes würden nicht zur Verfügung stehen. Falls eine Reihe von Filtern nach dem Vorbild von Hansen & Hillyard (1983) auch im Identifikationsprozeß auf unterschiedlichen Ebenen wie Orthographie, Frequenz, Genus und Bedeutung aktiv wären, könnten zumindest einige lexikalische Informationen unbeachteter Wörter verfügbar sein. Späte Selektionsmodelle würden voraussagen, daß alle im Lexikon enthaltenen Informationen für unbeachtete Wörter aktiviert werden. Ein Bewußtsein über diese Information wäre jedoch nicht vorhanden.

In der Darstellung der unterschiedlichen Aufmerksamkeitstheorien ist der Begriff „automatisch“ bis jetzt als Synonym zu einem ohne Aufmerksamkeit verlaufenden Prozeß verwendet worden. Die Unterscheidung in automatische und kontrollierte Prozesse ist ein weiteres wichtiges theoretisches Konstrukt, daß seinen Eingang in Überlegungen zur Natur der Aufmerksamkeit und Sprachverarbeitung gefunden hat.

### 1.2.3 Wie werden unbeachtete Wörter verarbeitet? - Automatisch vs. kontrolliert

Das Konzept der automatischen und kontrollierten Prozesse beruht auf Shiffrin & Schneider (1977) und ist dort in einem großen Wahrnehmungs-, Verarbeitungs- und Gedächtnismodell eingebunden. Zwei verschiedene Verarbeitungsprozesse werden aufgrund ihrer Eigenschaften unterschieden. Exzessives Training bestimmter Reiz-Reaktionsmuster führt zu automatischen Prozessen. Diese sind von der willkürlichen Kontrolle und der Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses unabhängig. Daraus folgt, daß automatische Prozesse ohne Aufmerksamkeit verlaufen können, unbewußt ablaufen und keinerlei Limit in ihren Kapazitäten haben. Damit wird jeder Prozeß als automatisch betrachtet, der die allgemeinen Verarbeitungsressourcen nicht benutzt und daher nicht verringert oder der eine Reaktion auf externe Stimuli veranlaßt, unabhängig von der Intention einer Person (Schneider, Dumais & Shiffrin, 1984). Ein automatischer Prozeß ist dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszeiten unabhängig von der Menge der zu verarbeitenden Reize und der Vielfalt der zu identifizierenden Reize sind (Shiffrin, 1988). Ein kontrollierter Prozeß ist nach seiner Definition abhängig von Aufmerksamkeit, seriell, bewußt und kapazitätsabhängig (Schneider, Dumais & Shiffrin, 1984).

Obwohl Schneider & Shiffrin (1977) mit der Definition automatischer und kontrollierter Prozesse einen sehr wichtigen Aspekt zum Verständnis der Reizverarbeitung beigetragen haben, sind einige Definitionen bei näherem Hinsehen problematisch. Ein automatischer Prozeß benötigt laut Definition keine Aufmerksamkeit, kann aber auch automatisch Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Er unterliegt nicht der Kontrolle der Person, kann aber durch kontrollierte Prozesse unterdrückt werden. Auch die synonyme Nutzung von Aufmerksamkeit und einer generellen Kapazität ist nicht unproblematisch. Bereits Wijers (1989) schlug daher vor, davon auszugehen, daß innerhalb der meisten Aufgaben beide Prozeßarten zum Tragen kommen. Kontrollierte Prozesse könnten als Prozesse definiert werden, die der willentlichen Kontrolle der selektiven Aufmerksamkeit unterliegen, während automatische Prozesse unabhängig von der Ausrichtung der selektiven Aufmerksamkeit ablaufen würden.

Experimentelle Beispiele eher automatisch oder kontrolliert geprägter Verarbeitung stellen das pop-out Phänomen und die serielle Suche dar. Diese Phänomene können beobachtet werden, wenn eine Gruppe von Reizen präsentiert wird, und das Vorhandensein oder Fehlen eines spezifischen Zielreizes entschieden werden muß. Das pop-out Phänomen und die serielle Suche treten abhängig von der Qualität der Ziel- und Ablenkreize auf.

Das pop-out Phänomen tritt für das Erkennen eines Zielreizes auf, der in einer Dimension (Farbe, Größe, Orientierung...) zusätzliche Aktivität aufweist und damit von allen anderen abweicht. Die Reaktionszeit ist dann unabhängig von der Menge der präsentierten Distraktoren. Ist ein Zielreiz aber durch eine Kombination von Dimensionen gekennzeichnet, die von den Distraktoren aufgegriffen werden, so steigt die Reaktionszeit proportional mit der Anzahl der Distraktoren: Eine serielle Suche findet statt.

Wie sind nun automatische und kontrollierte Prozesse in den unterschiedlichen Selektionstheorien verwendet worden? Auch darin kann nach frühen und späten Selektionstheorien unterschieden werden. Frühe Selektionstheorien (z.B. Treisman & Gelade, 1980) verneinen das Verbinden von Merkmalen zu einem Objekt („feature binding“) ohne Aufmerksamkeit. Ein paralleles automatisches Erkennen von pop-out Reizen kann nur erfolgen, wenn eine zusätzliche Aktivierung auf einer Kodierungsebene (Farbe, Form ...) ausreichend für die Detektion des pop-out Reizes ist (Treisman, 1999). So bildet der Buchstabe „Q“ innerhalb von „O“s einen pop-out Reiz aber nicht umgekehrt. Die zusätzliche Aktivierung einer schräg verlaufenden Linie reicht aus, um die Anwesenheit eines „Q“s bestätigen zu können, die Objekte müssen dabei nicht aus ihren Merkmalen zusammengesetzt werden da die Position des Zielreizes unwichtig ist. Dagegen bewirkt ein „O“ innerhalb von „Q“s keine additive Aktivierung und verlangt daher nach einer Zusammensetzung der einzelnen Objekte und ihrer Positionsbestimmung. Alle Prozesse, die auf der Verarbeitung ganzer Objekte beruhen, z.B. Buchstaben, sind kontrollierter Natur. Späte Selektionsprozesse (z.B. Duncan, 1980) gehen davon aus, daß Aufmerksamkeit keine Notwendigkeit für das Verbinden von Merkmalen zu einem Objekt ist, sondern daß das „feature binding“ direkt über Detektoren erfolgt, die für bestimmte Merkmalskombinationen empfindlich sind. Ein Beispiel wäre die Buchstabenebene im Modell von Rumelhart & McClelland (1982), die „Repräsentationsknoten“ darstellt, die auf bestimmte Reizkombinationen maximal reagieren. Aufmerksamkeit ist für diese Prozesse nicht nötig. Sie verlaufen parallel und ohne Kapazitätslimitierungen: automatisch.

Daraus folgt, daß nur nach späten Selektionstheorien, die eine automatische Verarbeitung von komplexen Reizen annehmen, von der semantischen Verarbeitung unbeachteter Wörter ausgegangen werden kann. Da frühe Selektionstheorien einen zwingenden Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit, also kontrollierten Prozessen, und Wortverarbeitung sehen, ist ein Verarbeiten unbeachteter Wörter nur durch mangelnde Kontrolle der Aufmerksamkeit oder irrtümliches Verarbeiten von nicht-zu-beachtenden Reizen erklärbar. Eine Verarbeitung von im wahren Sinne unbeachteten Reizen ist nicht möglich. Gleichzeitig sagen die frühen und späten Selektionstheorien unterschiedliche Arten der unbeachteten Wortver-



arbeitung voraus. Nach späten Selektionstheorien (Duncan, 1980) ist die Verarbeitung unbeachteter Wörter durch die Eigenschaften automatischer Prozesse geprägt. Unbeachtete Wörter sollten unbewußt verarbeitet werden, ihre Verarbeitung keinerlei Kapazitäten benötigen. Frühe Selektionsprozesse nehmen eine kontrollierte Verarbeitung irrtümlich selektierter „unbeachteter“ Wörter an, so daß auch deren Verarbeitung von Aufmerksamkeit abhängig und kapazitätslimitiert wäre.

Experimentelle Untersuchungen von Fuentes, Carmona, Agis & Catena (1994) zur Verarbeitung unbeachteter Wörter gehen mit keinem der zwei theoretischen Ansätze konform. In einer Reihe behavioraler Studien wurde gezeigt, daß die Verarbeitung beachteter und unbeachteter Wörter unterschiedlich sein muß, da Reaktionszeiten für unbeachtete Wörter im Gegensatz zu beachteten Wörtern weder auf Maskierung noch auf shadowing reagieren. Eine unterschiedliche Verarbeitung für beachtete und unbeachtete Wörter wird aber weder von frühen noch von späten Selektionstheorien vertreten. Die vorgestellten Untersuchungen und theoretischen Ansätze zur Verarbeitung unbeachteter Wörter zeigen, daß zum jetzigen Zeitpunkt die Frage nach dem „Wie“ der Wortverarbeitung noch weit davon entfernt ist, eine Antwort zu erhalten.

### **1.3 Zusammenfassung und Zielsetzung der vorliegenden Arbeit**

Die visuelle Verarbeitung geschriebener Sprache ist durch die visuelle Wahrnehmung und die sprachverarbeitenden Systeme des Gehirns, aber auch durch Selektions- und Modulationsmechanismen der Aufmerksamkeit gekennzeichnet.

Das visuelle System zeichnet sich durch parallele Verarbeitung der einzelnen Aspekte eines visuellen Reizes und insbesondere selektive Verarbeitung der räumlichen Information eines Reizes aus. Physiologische Gegebenheiten des visuellen Systems bilden die Grundlage der Wahrnehmungsspanne, die den Teil des Raumes beschreibt, aus dem grundlegende Informationen über auftretende Reize extrahiert werden können. Der zweite bestimmende Faktor für die Wahrnehmungsmöglichkeiten der geschriebenen Sprache ist die selektive Aufmerksamkeit. Ihre Funktionen sind durch die Selektion von Teilaspekten eines Reizes und durch optimierte Wahrnehmungsleistung für bestimmte Reizpositionen - Fokus der Aufmerksamkeit - gekennzeichnet. Diese Funktionen der selektiven Aufmerksamkeit sind letztendlich entscheidend für die visuelle Verarbeitung geschriebener Sprache.

Die in der Literatur auftretenden Fragen nach dem Einfluß irrelevanter sprachlicher Informationen auf die allgemeine Wortidentifikation verdeutlichen das un-

vollständige Verständnis der in der visuellen Wortverarbeitung beteiligten Aufmerksamkeitsmechanismen. Die vorhandenen theoretischen Konstrukte unterscheiden sich in ihren grundlegenden Annahmen über die Natur der Interaktion von Sprache und Aufmerksamkeit und ermöglichen daher keine klare Aussage über die vorhandene und auswertbare Informationsmenge, die einer Person beim Lesen zur Verfügung steht. Unterschiedliche Voraussagen werden über den Zeitpunkt der ersten Selektion, die Natur dieser Selektion, die zu diesem Zeitpunkt verfügbare sprachliche Information, die beteiligten Speichersysteme und die Kontrolle der wahrgenommenen Information getroffen.

Die vorliegende Arbeit zielt auf eine möglichst umfassende Bestimmung der entscheidenden Aufmerksamkeitsmechanismen bei der visuellen Sprachverarbeitung. In einer Reihe von Untersuchungen sollen diejenigen Aufmerksamkeitsmechanismen bestimmt werden, die für visuelle Wortverarbeitung entscheidend und notwendig sind. Die Funktion der Aufmerksamkeitsmechanismen soll bestimmt und ihre Interaktion mit Sprachprozessen funktionell bestimmt werden. Von diesen Ergebnissen sollen Konkretisierungen theoretischer Modelle abgeleitet werden. Die Umsetzung dieser Fragestellungen wird durch die Untersuchung der Verarbeitung unbeachteter Wörter bei Manipulation von Reizdarbietung, Aufgabenstellung und Distraktoren umgesetzt.

Um die ausgeführte Zielsetzung erreichen zu können, sind möglichst genaue Informationen über die zeitliche Struktur der beteiligten Sprach- und Aufmerksamkeitsmechanismen notwendig. Von besonderer Wichtigkeit ist es, ein methodisches Vorgehen zu wählen, daß komplexe Interaktionen verschiedener Systeme und Verarbeitungsstufen sichtbar machen kann. In der vorliegenden Arbeit sind Ereigniskorrelierte Potentiale (EKPs) als Methode gewählt worden, da sie für die vorliegende Fragestellung die optimale Information liefern. Die Methode der EKPs wird im folgenden Kapitel eingeführt.



## Kapitel 2

# Das EEG und EKPs

Ereigniskorrelierte Potentiale (EKPs) werden auf Grundlage des Elektroenzephalogramms (EEGs) gebildet. Das EEG wird als eine zeitliche Abfolge von Potentialdifferenzen zwischen zwei Elektroden auf der Kopfoberfläche gemessen. Dabei wird im allgemeinen das elektrische Potential einer Meßelektrode im Vergleich zu einer Referenzelektrode gemessen, die auf einer von bioelektrischer Aktivität unbeeinflussten Stelle befestigt ist. Aus der Hintergrundaktivität des EEGs, die im ruhigen Wachzustand von 8 bis 12 Hz schwankt (Berger, 1929), können EKPs gebildet werden. Unter EKPs versteht man Potentialverschiebungen des EEGs, die wiederholbar und mit konstantem Potentialverlauf einem genau klassifizierten Ereignis vorangehen oder folgen. Ihre niedrige Amplitude (wenige  $\mu\text{V}$ ) im Vergleich zur Hintergrundaktivität (um die  $50 \mu\text{V}$ ) bewirkt eine Überlagerung mit dem Hintergrund-EEG. Eine Trennung der EKPs vom Hintergrund-EEG erfolgt durch die Mittelung einer größeren Anzahl an Wiederholungen von identischen oder sehr ähnlichen Reizen. Man geht davon aus, daß sich dabei die zufällig verteilten Potentialverschiebungen des Hintergrund-EEGs gleichsam aufheben und die zeitlich identische ereignisbezogene Aktivität der EKPs extrahiert wird (Rugg & Coles, 1995). Eine schematische Darstellung dieses Vorgangs und eine Übersicht über einige der später vorgestellten EKP Komponenten findet sich in Abbildung 2.1. Die Elektrogenese ereigniskorrelierter Potentiale resultiert hauptsächlich aus der Modulation inhibitorischer und exzitatorischer postsynaptischer Potentiale (IPSP/EPSP), während Aktionspotentiale kein an der Kopfoberfläche meßbares elektrisches Potential bilden (Birbaumer, Elbert, Canavan & Rockstroh, 1990). Da die elektrische Aktivität eines einzigen Neurons aufgrund der großen Entfernung zur messenden Elektrode nicht meßbar ist, muß eine hinreichend große Neuronenpopulation synchron aktiv sein (Fabiani, Gratton & Coles, 2000). Eine weitere Voraussetzung für das Messen eines EKPs ist eine bestimmte geo-

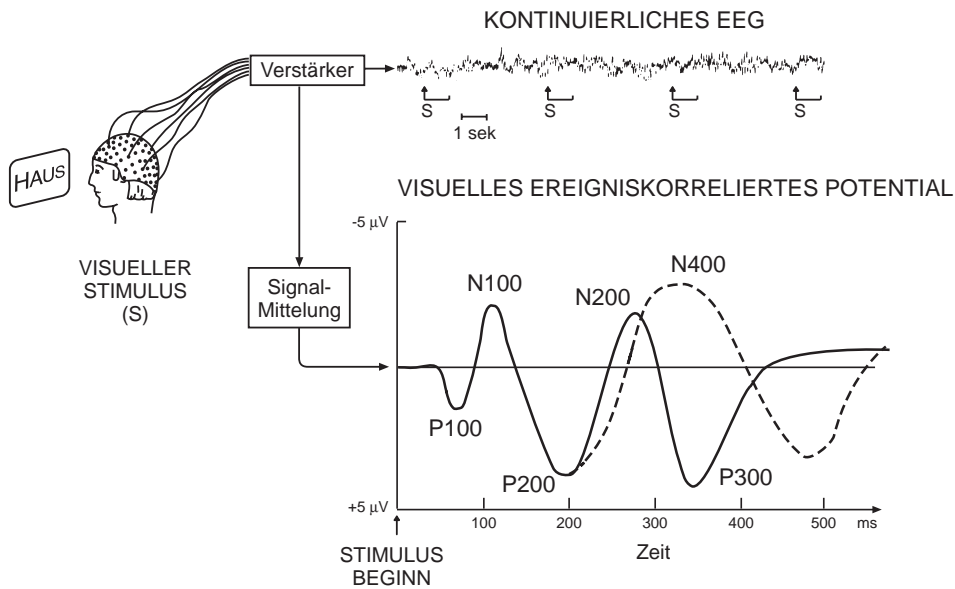


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung der EEG Aufzeichnung und Mittelungsprozedur mit Darstellung der wichtigsten visuell evozierten ereigniskorrelierten Potentiale innerhalb der ersten 600 ms nach Reizdarbietung

metrische Anordnung der Neuronenpopulationen. Nur eine parallele Ausrichtung von größeren synchron agierenden Neuronenpopulationen erzeugt meßbare Potentiale, wohingegen chaotisch organisierte Neuronengruppen zu einer gegenseitigen Auslöschung der Potentiale und einem extrakortikalen Nullpotential führen (Bosch, 1999). Diese Voraussetzungen führen zu der Feststellung, daß hauptsächlich Pyramidenzellen der Ursprung der meßbaren EKPs sind (Dudel, Menzel & Schmidt, 1996), da sie sowohl eine parallele Ausrichtung besitzen, als auch mit 85% den größten Anteil an Nervenzellen des Neokortex stellen (Braitenberg & Schütz, 1991). Untersuchungen zur Elektrogenese von EKPs zeigen die Selektivität der Methode beim Abbilden neuronaler Aktivitäten des Neokortex. Auch wenn EKPs eine im Vergleich zu anderen Untersuchungsmethoden (PET, fMRI) erheblich bessere zeitliche Auflösung im Millisekundenbereich garantieren, muß bei der Diskussion von EKP Befunden berücksichtigt werden, daß nicht alle aktiven neuronalen Strukturen abgebildet werden (Rugg & Coles, 1995). Ein weiteres Problem stellt die Bestimmung des Ursprungs einer Komponente dar, da die Oberflächenpotentiale nur eine ungenaue Bestimmung des Ortes im Gehirn zulassen. Desweiteren muß mit einem Überlappen von Komponenten gerechnet wer-

den („component overlap“). Dieser Terminus beschreibt die Tatsache, daß eine gemessene Komponente durchaus die Summation vielfacher elektrischer Potentiale unterschiedlicher Quellen im Gehirn darstellen kann (Rugg & Coles, 1995). Alle diese Einschränkungen müssen bei der Diskussion von EKPs berücksichtigt werden und erfordern eine genaue Analyse einzelner Potentiale hinsichtlich ihrer physiologischen (z.B. Topographie, Latenz) und psychologischen Merkmale (Manipulierbarkeit).

In den folgenden Absätzen werden generelle Eigenschaften und Unterscheidungsmerkmale von EKPs beschrieben und diejenigen Komponenten genauer vorgestellt, die in der vorliegenden Arbeit von Bedeutung sind.

Die verschiedenen EKP Komponenten werden aufgrund von fünf verschiedenen Parametern identifiziert. Die Polarität einer Komponente beschreibt die Ladung der Komponente entsprechend der Ausrichtung der Potentialverschiebung relativ zur Basislinie. Diese Ladung findet sich im Allgemeinen in der Benennung der Komponente als P (positiv) oder N (negativ) wieder. Hierbei sei angemerkt, daß positive Komponenten meistens nach unten und negative Komponenten nach oben in einem Koordinatensystem abgebildet werden. Die Latenz einer Komponente stellt den Zeitpunkt des Auftretens einer Komponente dar, normalerweise gemessen vom Zeitpunkt der Reizdarbietung an. Sowohl der Beginn als auch die Gipfellatenz der Komponente können in Millisekunden (ms) angegeben werden. Ein weiteres Merkmal von Komponenten ist ihre Amplitude, d.h. das Maximum oder Flächenintegral der Komponente relativ zu einer Basislinie bzw. den relativen Komponentenminima. Die Topographie einer Komponente beschreibt die räumliche Amplitudenverteilung an der Kopfoberfläche und, wenn möglich, die Lokalisation des Ursprungs der Komponente. Als Letztes kann noch die Dauer einer Komponente in die Beschreibung aufgenommen werden, d.h. die Gesamtzeit vom Einsetzen bis zum Ausklingen der Komponente. Die Parameter ergeben den Prototyp der Komponente, der in verschiedenen Versuchsparadigmen aber durchaus unterschiedlich ausfallen kann. Wenn Komponenten aufgrund von unterschiedlich vermuteten zugrundeliegenden Prozessen in Subkomponenten unterteilt werden, erfolgt dies im Regelfall durch eine Numerierung auf Buchstabenebene (z.B. N2b, P3a, P3b). Die fünf Merkmalsdimensionen von EKP Komponenten ermöglichen, zusammen mit der Darstellung des Versuchsparadigmen, die genaue Beschreibung der Ergebnisse und damit den Vergleich zu anderen Untersuchungen. Eine weitere Unterscheidung von EKPs kann aufgrund der Exogenität bzw. Endogenität von Komponenten vorgenommen werden. Obwohl diese Unterscheidung durchaus kontrovers diskutiert wird und nicht als klar dichotom gelten kann, werden Komponenten, die auf rein physikalische Parameter reagieren, als exogen und Komponenten, die trotz physikalisch identischer Stimuli bedingungs-

abhängige Veränderungen erkennen lassen, als endogen (Fabiani et al., 2000) bezeichnet. Als Einflussgröße auf endogene Komponenten werden höhere kognitive Prozesse des Probanden angesehen, die sich in psychologischen Begriffen wie „Erwartung“ oder „Absicht“ beschreiben lassen.

## 2.1 EKP Korrelate der Sprachverarbeitung

EKPs sind kontinuierliche, zeitlich strukturierte online Widerspiegelungen der Informationsverarbeitung im Gehirn. Durch eine Kombination von Reaktionszeitstudien mit EKP Analysen ist es teilweise gelungen, spezifische Komponenten als gültige Kennzeichen für spezifische Aspekte und Stufen der Informationsverarbeitung sowohl im Aufmerksamkeits- (z.B. Mangun & Hillyard, 1987, 1988) als auch im Sprachprozeß (z.B. Kutas & Hillyard, 1984) zu ermitteln. EKPs liefern dabei Einblicke in den zeitlichen, räumlichen und strukturellen Aufbau von kognitiven Prozessen und ermöglichen es, die Reihenfolge und Interaktion der beteiligten Zwischenprozesse zu untersuchen (Hillyard & Kutas, 1983), auch wenn auf Reize nicht offen reagiert werden muß. Besonders im Bereich der relativ späten Sprachprozesse (teilweise nach 400 ms) muß bei der Interpretation der durch Aufgabenmanipulation entstandenen EKPs berücksichtigt werden, daß diese nicht unbedingt Ausdruck des manipulierten Prozesses sein müssen, sondern auch daraus resultierende Konsequenzen (z.B. Bewußtsein des Ergebnisses des Prozesses) widerspiegeln können (Gaillard, 1988).

### 2.1.1 Die P200 Komponente (P200)

Die P200 Komponente tritt bei visueller Stimulation maximal frontal auf. Ihr Beginn liegt um 180 ms, ihre Gipfelatenz um 200 ms (Hillyard & Picton, 1987). Die Zuordnung dieser Komponente als Sprache reflektierende EKP Komponente ist eher fakultativ, denn die funktionale Bedeutung der P200 ist wenig untersucht. Die Amplitudenvariationen der P200 werden vor allem im Rahmen der N2- Negativierung diskutiert. Die wenigen vorhandenen Daten (u.a. Boddy & Weinberg, 1981; Luck & Hillyard, 1994) sprechen aber für eine Kovariation von P200-Amplitude und früher transdimensionaler Merkmalsfindung oder lexikalischer Sprachverarbeitung. Gunter, Vos & Friederici (1999) konnten zwar keine funktionale Bedeutung der P200 berichten, schlossen aber eine Reflexion von Aufmerksamkeitsprozessen in der P200 Amplitude zum derzeitigen Stand aus.

Hinweise, daß die P200 in Zusammenhang mit Sprachverarbeitung gebracht werden kann, sind spärlich gesät. Sabol & De Rosa (1976) verwiesen auf ein Zeitfenster um 200 ms als wahrscheinlichen Zeitpunkt des lexikalischen Zugriffs, was in etwa dem Zeitfenster der P200 oder N200 entsprechen würde. Eine ältere

re Studie bringt die P200 mit semantischer Verarbeitung in einem kategoriellen Priming-Paradigma in Verbindung (Boddy & Weinberg, 1981). Eine P200 Amplitudenvergrößerung wurde als Reflexion des Zugriffs auf eine frühe semantische Wortbedeutungsebene interpretiert. Die Studie (Boddy & Weinberg, 1981) weist aber Konfundierungen des semantischen Paradigmas mit Wortwiederholungseffekten auf, die bereits in diesem frühen Zeitfenster auftreten und für die Effekte verantwortlich sein könnten.

Einen vollständig anderen Ansatz zur Klassifikation der P200 vertraten Ritter, Simson & Vaughan (1983). Da die P200 auf die Komplexität von visuellen Stimuli reagiert und auch nach gebahnter Mustererkennung durch geblockte Stimuluspräsentation auftritt, wurde sie als exogene Komponente diskutiert. Luck & Hillyard (1994) zeigten jedoch in einer visuellen Suchaufgabe eine Variation der P200 beim Auftreten aufgabenrelevanter Devianten. Dies spricht für eine Reaktion der P200 auf Erwartungen in Bezug auf die deviante Reizdimension und widerspricht einem exogenen Charakter der Komponente. Zusammenfassend kann nur wiederholt werden, daß eine funktionelle Zuordnung der P200 zu diesem Zeitpunkt weder in Bereichen der Wahrnehmung, Aufmerksamkeit noch der Sprache fundiert begründet werden kann.

### 2.1.2 Die N400 Komponente (N400)

Die N400 ist als späte negative Komponente beschrieben, die ihren Anfang bei 200 ms und ihren Gipfel bei ungefähr 400 ms bei visuell präsentiertem Wortmaterial hat (Kounios & Holcomb, 1994). Sie wurde zuerst von Kutas & Hillyard (1980) beschrieben und ist seitdem der Gegenstand sehr vieler Untersuchungen gewesen. Die N400 weist bei visuell präsentiertem Stimulusmaterial eine zentro- parietale Topographie auf, deren Schwerpunkt zentral-rechts liegt (Kutas & Van Petten, 1994). Bei besonders geringem Inter-Stimulus-Intervall (ISI) unter 400 ms wurde eine frontale Verschiebung der N400 beobachtet (Van Petten & Kutas, 1987).

Die N400 ist bis zum heutigen Zeitpunkt ausschließlich für semantische Verletzungen nachgewiesen worden und tritt weder bei grammatikalischen Verletzungen (Kutas & Hillyard, 1983) noch bei rein physikalischen Variationen auf (Kutas & Hillyard, 1980). Für geometrische Normverletzungen wurden bis jetzt keinerlei vergleichbare N400 gefunden (Besson & Macar, 1987), aber für musikalische Verletzungen konnte eine negative Komponente um 500 ms nachgewiesen werden, die mit Prozessen der kontextuellen Integration in Verbindung gebracht wurde (Kölsch, Gunter, Friederici & Schröger, 2000). Eine Reihe von Studien belegen, daß Bilder ebenso wie Worte eine N400 auslösen können (Ganis, Ku-



tas & Sereno, 1996; Holcomb & McPherson, 1994). Dies könnte seine Ursache in der gemeinsamen Nutzung eines amodalen konzeptuellen Repräsentationssystems (u.a. Vanderwart, 1984) oder in der Repräsentation in getrennten, aber stark interagierenden Systemen (u.a. Paivio, 1991) haben. Die N400 wurde in verschiedenen Sprachen (u.a. Besson & Macar, 1987; Koyama, Nageishi, Shimokochi, Hokama, Miyazato, Miyatani & Ogura, 1991) und auch bei akustischer Stimuluspräsentation (Holcomb & Neville, 1990) nachgewiesen.

Die ersten Untersuchungen (Kutas & Hillyard, 1980, 1984) lösten die N400 im Satzkontext aus. Dabei wurde festgestellt, daß semantisch nicht in den Satzkontext passende Worte eine erhöhte N400 aufweisen (Kutas & Hillyard, 1980). Weitere Untersuchungen (Kutas & Hillyard, 1984) variierten sowohl den Erwartungswert bezüglich eines Wortes („cloze probability“) als auch die kontextuelle Beschränkung von Sätzen („contextual constraint“). Die Ergebnisse sprechen dafür, daß die Amplitude der N400 nicht so sehr die semantische Einpassung in den Kontext, sondern eher eine inverse monotone Funktion der Wahrscheinlichkeit widerspiegelt, mit der ein Wort erwartet wird. Andererseits kann der Gesamtkontext eines Textes durchaus Einfluß auf die Amplitude der N400 eines Wortes nehmen. Zwei semantisch mögliche Wörter innerhalb eines Satzes, deren N400 sich bei bloßer Satzpräsentation nicht unterscheidet, weisen unterschiedliche N400 Amplituden auf, sobald der größere Textkontext ein Wort kohärenter erscheinen läßt (Van Berkum, Hagoort & Brown, 1999). Auch die Position eines Wortes innerhalb eines Satzes beeinflußt die N400. Die Amplitude wird geringer, je weiter hinten das Wort im Satz erscheint (Kutas & Federmeier, 2000) und je größer damit die Erwartung eines Wortes ist, die durch den Satzkontext aufgebaut wird. Aber die N400 ist nicht einfach nur ein Marker für semantische Verletzungen und Wahrscheinlichkeiten, sie scheint ein Teil der normalen Gehirnaktivität bei der Verarbeitung von Wörtern und wort-ähnlichen Reizen zu sein (Kutas, Neville & Holcomb, 1987).

In weiteren Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß auch einzelne Wörter und Pseudowörter eine N400 generieren (für einen Überblick, siehe Kutas & Van Petten, 1994). Während orthographisch legale Pseudowörter eine erhöhte N400 generieren (Chwilla, Brown & Hagoort, 1995), lösen nicht aussprechbare Nichtwörter keine N400 aus (Holcomb, 1988). Diese Ergebnisse sprechen dagegen, daß die N400 nach vollständiger Wortanalyse oder durch simple Merkmalsanalyse erzeugt wird. Desweiteren scheint die N400 Amplitude auch davon beeinflußt zu werden, wie schnell oder einfach Information aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden können (Kutas & Federmeier, 2000). Die Frequenz eines Wortes beeinflußt die N400 ebenso wie eine Wortwiederholung (Van Petten, Kutas, Kluender, Mitchiner & McIssac, 1991). Die enge Verknüpfung zwischen der

N400 und dem semantischen Langzeitgedächtnis wurde besonders in einer Reihe von Untersuchungen gezeigt (Fischler, Bloom, Childers, Roucos & Perry, 1983; Fischler, Childers, Achariyapaopan & Perry, 1985), in denen Sätze mit kategoriel- len Zuweisungen auf ihre Richtigkeit bewertet werden sollten (z.B. „Der Hund ist ein Säugetier“). Die N400 wies generell geringere Amplituden auf, wenn Exem- plar und Kategorie sich entsprachen, unabhängig von der inhaltlichen Korrektheit der Sätze (also auch bei „Der Hund ist kein Säugetier“). Generell läßt sich eine Modulation der N400 bei Priming Paradigmen feststellen, wobei orthographische (Rugg & Barrett, 1987), phonologische (Sanquist, Rorbaugh, Syndulko & Linds- ley, 1980) und semantische (u.a. Holcomb & Neville, 1990) Eigenschaften eines Wortes die N400 Amplitude des darauffolgenden Wortes beeinflussen. Haben das vorausgehende Wort - der Primereiz - und das folgende Wort - der Zielreiz - Ge- meinsamkeiten in Orthographie, Phonologie und Semantik, so verkleinert sich die N400 Amplitude des Zielreizes. Diese Untersuchungen unterstützen die Be- deutung von Prozessen des Langzeitgedächtnisses zum besseren Verständnis der N400 Komponente.

Die berichteten Untersuchungen unterstützen zwei generelle Aussagen hin- sichtlich der Natur der N400. Im Allgemeinen wird die N400 als Komponente diskutiert, die den Schweregrad bei der Integration in einen Kontext spiegelt (u.a. Holcomb, 1993; Kutas & Hillyard, 1984; Van Berkum, Hagoort & Brown, 1999). Die Integration wird erleichtert und die N400 vermindert, wenn ein Wort durch den Kontext erwartet werden kann. Eine parallele Aussage, die eine etwas andere Sichtweise der Kontextinformation vorschlägt, wird zum Beispiel von Kutas & Federmeier (2000) vertreten. In einem Experiment wurden Sätze mit einem von drei gleich frequenten Wörtern beendet, die alle einen semantisch sinnvollen Satz bildeten. Eines der Wörter (z.B. Palme) war jedoch das Wort mit dem höchsten Erwartungswert innerhalb des Satzes, die anderen zwei Wörter besaßen ähnliche und niedrigere Erwartungswerte. Von den zwei Wörtern mit den niedrigeren Er- wartungswerten gehörte wiederum eines in die gleiche Kategorie wie das Wort mit dem höchsten Erwartungswert (z.B. Tanne) und eines in eine andere Katego- rie (z.B. Tulpe). Kutas & Federmeier (2000) konnten zeigen, daß unabhängig vom Erwartungswert eines Wortes und seiner Frequenz, Wörter innerhalb der selben semantischen Kategorie wie das Wort mit dem höchsten Erwartungswert nied- rigere N400 aufweisen als Reize einer anderen Kategorie. Der Kontext im Satz kann also nicht allein entscheidend für die Ausbildung der N400 sein. Die in der N400 reflektierten Prozesse werden sowohl von den kontextunspezifischen Ver- bindungen zwischen Reizen im Langzeitgedächtnis, als auch durch den momen- tanen, im Arbeitsgedächtnis gespeicherten, sprachbezogenen Kontext beeinflusst. Die N400 stellt dabei in ihrer Amplitude die Anstrengung dar, die nötig ist um

semantische Inhalte aus dem Langzeitgedächtnis abzurufen. Dieser Abrufprozeß profitiert sowohl von im Laufe des Lebens erworbenen Verbindungen zwischen Wortrepräsentationen im Langzeitgedächtnis als auch von Voraussagen und Vorbereitungen bestimmter Wortpräsentationen, die durch den Kontext erstellt werden.

Wie bereits bei der Diskussion um das Vorhandensein einer N400 bei Pseudowörtern und Nichtwörtern deutlich wurde, besteht ein großes Interesse daran, die in der N400 reflektierten Verarbeitungsprozesse in den theoretischen Rahmen der Sprach- und Wortverarbeitung einzuordnen. Einen besonderen Schwerpunkt bildet dabei die Frage, ob in der N400 automatische oder kontrollierte Verarbeitung gespiegelt wird. Zwei verschiedenartige Ansätze wurden bemüht, um den Einfluß automatischer prä-lexikaler Prozesse auf die N400 zu untersuchen. Untersuchungen von Kutas & Hillyard (1989) und Besson, Fischler, Boaz & Raney (1992) präsentierten ein Priming Paradigma in einer verzögerten Buchstabendeckungsaufgabe bzw. einer graphemischen Entscheidungsaufgabe. Da die semantische Verarbeitung der Wörter vollkommen unnötig zur Lösung der auf Buchstabenebene angesiedelten Aufgabenstellungen war, sollte ein Priming Effekt nur auf der N400 zu sehen sein, wenn diese automatische prä-lexikalisch angesiedelte Verarbeitung widerspiegelt. Eine Modulation der N400 konnte gezeigt werden.

Gestützt wurde dieser Befund durch weitere Beobachtungen (Anderson & Holcomb, 1995; Boddy, 1986), die das Intervall zwischen Prime- und Zielreiz manipulierten. Nach theoretischen und experimentellen Befunden (für eine Übersicht, siehe Neely, 1991) ist bei einem Intervall um bzw. unter 200 ms nicht ausreichend Zeit vorhanden, um eine Gruppe der zu erwarteten Wörter („expectancy set“) zu erstellen. Daher sollte bei derart niedrigen Inter-Stimulus-Intervallen (ISI) ausschließlich die automatische ASA („automatic spreading activation“) für eine N400 Modulation verantwortlich sein (Neely, 1991). Die ASA wird als Verbreitung von Aktivität innerhalb eines lexikalen Netzwerks beschrieben, wobei diese Verbreitung über semantisch/assoziativ miteinander verbundene Knoten (Wortrepräsentationen) stattfindet (Collins & Loftus, 1975). Da eine N400 Modulation auch bei sehr kurzen ISI beobachtet werden konnte, schlossen die vorgestellten Untersuchungen auf eine Beteiligung automatischer Prozesse in der Modulation der N400.

Ein Problem der vorgestellten Studien liegt in der möglichen Beteiligung von kontrollierten post-lexikalischen Prozessen, die für die N400 Effekte verantwortlich sein könnten. Insbesondere könnten Aufmerksamkeitsprozesse die ursprüngliche Aufgabenstellung umgangen bzw. eine weitergehende Verarbeitung der Reize ermöglicht haben. Daher wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, die sich zum Ziel gesetzt hatten, Aufmerksamkeit so gut wie möglich auszuschlie-

ßen (u.a. Brown & Hagoort, 1993). Die Brown und Haggort Studie untersuchte ein Priming Paradigma, in welchem eine Maskierung des Primereizes vorgenommen wurde. Das Maskieren des Primereizes geschieht dadurch, daß eine Maske, die Teile der zu maskierenden Primereize enthält, nach einer sehr kurzen Präsentation der Primereize (10 ms - 40 ms) präsentiert wird. Dadurch kann keine bewußte Wahrnehmung der maskierten Primereize und daher auch kein erwartungsinduziertes Priming stattfinden. Maskierung ermöglicht ausschließlich automatisches Priming (Marcel, 1983). Unter diesen Voraussetzungen konnte kein semantischer Priming Effekt auf der N400 gefunden werden, obwohl behavioral ein Priming Effekt nachweisbar war.

Die Ergebnisse maskierter Priming Studien haben dazu geführt, daß die N400 als Komponente betrachtet wird, die ausschließlich kontrollierte post-lexikalische Prozesse widerspiegelt (Kotz, 1996) und von Aufmerksamkeit abhängig ist (Kutas, 1993). Eine kürzlich erschienene Untersuchung (Deacon, Hewitt, Yang & Nagata, 2000), die sich an Brown & Hagoort (1993) orientiert, hat jedoch die Diskussion von neuem entfacht, da mit maskierten Primereizen ein Priming Effekt auf der N400 nachgewiesen werden konnte. Der heutige Stand der Diskussion wird daher recht treffend wie folgend zusammengefaßt: „...suggest that the N400 in fact indexes processing that is neither completely automatic nor completely controlled“ (Kutas, Federmeier, Coulson, King & Münte, 2000, S. 585).

## 2.2 EKP Korrelate selektiver Aufmerksamkeit

Da selektive Aufmerksamkeitsprozesse aufs engste mit Wahrnehmungs- und Gedächtnisprozessen verknüpft sind, muß die experimentelle Manipulation besonders sauber zwischen den unterschiedlichen Prozessen trennen, um interpretierbare Ergebnisse sicherzustellen. Ein Vorschlag für Richtlinien zu Experimentalmanipulationen der selektiven Aufmerksamkeit wurde von Näätänen (1982) veröffentlicht und umfaßt fünf Kriterienpunkte. Von besonderer Wichtigkeit sind die Kontrolle der peripheren Rezeptorbedingungen (z.B. Position des Kopfes, Blickrichtung) und der physikalischen Parameter zwischen relevanten und irrelevanten Reizen. Desweiteren wird darauf hingewiesen, daß die Vorhersagbarkeit von relevanten und irrelevanten Reizen minimiert sein sollte und der Proband davon abgehalten werden muß, irrelevante Reize zu beachten.

Im Allgemeinen werden bei Untersuchungen zur selektiven Aufmerksamkeit Inputmodalität (visuell, auditorisch...), Selektionscues (Farbe, Position...), Dauer des Inter-Stimulus-Intervalls [ISI] (auch zufälliges versus konstantes ISI), die Art der Antwort und das den Zielreiz bestimmende Merkmal variiert. Desweiteren können einfache Selektionsaufgaben, in denen alle Reize in der beachteten

Kategorie (z.B. Seite) offen beantwortet werden müssen, von zweifachen Selektionsaufgaben unterschieden werden, in denen nur ein kleiner Teil der Reize in der beachteten Kategorie (Zielreize) offen beantwortet werden muß.

Vielfältige Untersuchungen, in denen diese Faktoren variiert wurden, ergaben, daß die EKP Komponenten, die selektive Aufmerksamkeit widerspiegeln, hochgradig modalitäts- und aufgabenspezifisch sind. Die Inputmodalität und die Aufgabenparameter haben Einfluß auf den Zeitpunkt, an dem selektive Aufmerksamkeit die Gehirnaktivität beeinflusst und auf die Hirnareale, die daran beteiligt sind (Wijers, Mulder, Gunter & Smid, 1996).

In den folgenden Abschnitten werden diejenigen EKP Komponenten genauer vorgestellt, die verschiedene Aspekte der selektiven Aufmerksamkeit widerspiegeln und zum Verständnis der vorliegenden Arbeit wichtig sind.

### **2.2.1 Die P100-Komponente (P100)**

Bei der visuellen Darbietung von Reizen ist die P100 die zeitlich früheste Komponente, die mit Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht wird. Diese frühe positive Komponente tritt ca. 100 ms nach dem Stimulusbeginn auf und hat eine posteriore Verteilung mit einem Maximum über lateralen und occipitalen Regionen (Mangun, Hillyard & Luck, 1993).

Die P100 reflektiert physikalische Reizunterschiede wie Helligkeit und Größe (Luck, Hillyard, Mouloua, Woldorff, Clark & Hawkins, 1994) und könnte damit als exogene Komponente gelten, wenn nicht Untersuchungen von Eason, Harter & White (1969) belegt hätten, daß die P100 unterschiedlich auf Reize an beachteten und unbeachteten Positionen im Raum reagiert. Die Amplitude der P100 ist für diejenigen Reize erhöht, die an einer beachteten Position erscheinen, unabhängig von der Position der Augen oder einer offenen Aufmerksamkeitsverschiebung. Damit spiegelt die P100 räumliche Aufmerksamkeit wieder. Weitere Untersuchungen (u.a. Mangun & Hillyard, 1988, 1990) bestätigten diese Beobachtung. Bei einseitiger (Mangun & Hillyard, 1987) und zweiseitiger Stimuluspräsentation (Heinze, Luck, Mangun & Hillyard, 1990) wird die Amplitudenvergrößerung contralateral zur Präsentationsseite beobachtet. Die P100 reagiert nicht, wenn andere Selektionsmerkmale wie Farbe, Form oder Orientierung verwendet werden; diese lösen wesentlich spätere Effekte ab ca. 150 ms im EEG aus (Kenemans, Kok & Smulders, 1993). Wird der Ort gemeinsam mit einem dieser anderen Merkmale wie z.B. der Farbe als Selektionsmerkmal bestimmt, so zeigen alle am beachteten Ort erscheinenden Stimuli eine erhöhte P100 unabhängig von ihrem Farbwert. Alle farblich kodierten Zielreize weisen eine Negativierung ab 150 ms auf, aber nur, wenn sie am beachteten Ort erscheinen (Hillyard & Münte, 1984). Diese Ergebnisse zeigen, wie selektiv und unabhängig die räumlichen Auf-

merksamkeitsmechanismen in der P100 abzubilden sind. Es läßt sich auch eine Reihenfolge und eine gewisse Abhängigkeit innerhalb der Selektionsmerkmale feststellen, wobei zuerst immer die räumlichen Eigenschaften eines Reizes und davon abhängig anschließend seine farblichen und dann sonstige Merkmale selektiert werden können. Andererseits haben andere Untersuchungen gezeigt, daß auch Stimuli, die aufgrund ihrer Position nicht selektiert wurden, in einem späteren Schritt aufgrund anderer Merkmale wie der Farbe selektiert, also parallel mit den räumlich selektierten Reizen weiterverarbeitet wurden (u.a. Wijers, Lamain, Slopsema, Mulder & Mulder, 1989a).

Ein weiterer Unterschied zwischen der Verarbeitung räumlicher und anderer Information wurde von elektrophysiologischen Untersuchungen (z.B. Harter & Aine, 1984), neuroanatomischen Primatenstudien (z.B. Nakamura, Gattass, Desimone & Ungerleider, 1993) und bildgebenden Verfahren am Menschen unterstützt (z.B. Sereno, Dale, Reppas, Kwong, Belliveau, Brady, Rosen & Tootell, 1995): Während Stimuluseigenschaften wie Farbe und Form im ventralen Pfad weiterverarbeitet werden, findet die Verarbeitung räumlicher und Bewegungsinformation im dorsalen Pfad statt (McIntosh, Grady, Ungerleider, Haxby, Rapoport & Horwitz, 1994).

Die Topographie der P100 über dem visuellen Kortex hat zu einer Diskussion darüber geführt, ob ihr Ursprung in V1 oder im sekundären visuellen Kortex zu vermuten ist. Eine Untersuchung von Mangun et al. (1993) zeigte durch einen Vergleich von Stimuli im oberen und unteren visuellen Feld daß der Ursprung der P100 Komponente im sekundären visuellen Kortex liegt; eine engere Auswahl sind die Brodmann-Areale 18 und 19 (Gomez Gonzalez, Clark, Fan, Luck & Hillyard, 1994). Studien an Primaten zeigen, daß Aufmerksamkeitsprozesse die Aktivität einzelner Zellen im visuellen Kortex nach V1 modulieren können und unterstützen damit eine Lokalisation im sekundären visuellen Kortex (u.a. Moran & Desimone, 1985).

Die Tatsache, daß Aufmerksamkeit nur eine Amplituden-, aber keine Latenz- oder Topographieverschiebung der P100 auslöst, hat zu theoretischen Überlegungen geführt, die in der P100 eine frühe Modulation der sensorischen Stimuli sehen, d.h. einen Selektions- und Verstärkungsmechanismus („gain control mechanism“). Mehrere Studien (u.a. Hillyard & Anllo-Vento, 1998; Hillyard & Picton, 1987) haben einen Hinweis darauf gegeben, daß die P100 eine EKP-Entsprechung zum Fokus der Aufmerksamkeit ist und assoziieren mit einer vergrößerten P100 Amplitude eine Erleichterung vom sensorischen Input aus einer bestimmten Ursprungszone. In einer neueren Studie (Awh, Anllo-Vento & Hillyard, 2000) konnte gezeigt werden, daß auch der Abruf räumlicher Information aus dem Arbeitsgedächtnis zu einer P100 Amplitudenvergrößerung führt. Damit

werden Parallelen zwischen den Mechanismen deutlich, die räumliche Aufmerksamkeit und räumlichen Abruf steuern und die Bedeutung der Rauminformation wird bekräftigt.

Abschließend kann zusammengefaßt werden, daß die P100 Komponente zweifelsfrei räumliche Aufmerksamkeit widerspiegelt, welche im visuellen Modus den zeitlich frühesten im EKP erkennbaren Selektionsmechanismus darstellt.

### 2.2.2 Die N100-Komponente (N100)

Die visuelle N100 zeigt eine Gipfellatenz um 170 ms und erreicht ihre maximale Amplitude über parietalen/occipitalen Elektroden (Mangun et al., 1993). Sie wurde hauptsächlich in Verbindung mit der P100 Komponente diskutiert. Erhöhte Amplituden der N100 auf contralateralen Elektroden wurden ebenfalls bei Manipulationen der räumlichen Aufmerksamkeit beobachtet (u.a. Anllo-Vento & Hillyard, 1996). Verschiedene Untersuchungen (Heinze, Luck, Mangun & Hillyard, 1990; Luck, Heinze, Mangun & Hillyard, 1990; Luck & Hillyard, 1994) belegen aber Unterschiede zwischen beiden Komponenten. Heinze und Kollegen (1990) verglichen die P100 und N100 Modulation der räumlichen Aufmerksamkeit für die gemischte unilaterale und bilaterale Stimuluspräsentation. Während die Durchgänge mit unilateraler Präsentation zu einer Amplitudenvergrößerung der P100 und N100 für Reize an beachteten Positionen führte, konnte keine N100 Amplitudenvergrößerung bei den Durchgängen mit bilateraler Stimuluspräsentation beobachtet werden. Die Autoren schlossen daraus, daß die P100 und N100 verschiedene funktionale Prozesse der räumlichen Aufmerksamkeit widerspiegeln. Ihrer Behauptung wurde in einer Folgestudie nachgegangen (Luck et al., 1990), in der Sequenzen mit unilateraler, bilateraler und gemischter Präsentation verglichen wurden. Während die P100 Modulation unabhängig von der Sequenz beobachtet werden konnte, ließ sich eine N100 Modulation nur für die unilateralen Sequenzen zeigen. Die funktionelle Unterscheidung der P100 und N100 wurde bereits von Hillyard (1985) vorgenommen, da die Amplitudenvergrößerung der P100 in der Zeit aufgebaut wird, wogegen die N100 bereits ab den ersten Stimuli ihre endgültige Amplitude erreicht. Die Unterschiede der P100 und N100 Komponente weisen darauf hin, daß nur die P100 die Erleichterung von sensorischem Input, das eigentliche „gating“, reflektiert, welches bei unilateraler wie bilateraler Stimulusdarbietung stattfindet. Die N100 reflektiert hingegen die Orientierung der Aufmerksamkeit auf eine Position oder die Aktivierung dieses Orientierungssystems. Während bei bilateraler Präsentation keine Um- oder Neuorientierung stattfinden muß, wird durch die unilaterale Präsentation das „Abgleiten“ der räumlichen Aufmerksamkeit auf die unbeachtete Seite begünstigt, so daß eine andauernde Neuorientierung stattfinden muß (Luck et al., 1990).

Der Ursprung der N100 ist nicht vollständig geklärt. Bereits Mangun & Hilyard (1995) vermuteten, daß die visuelle N100 die Aktivität verschiedener Gehirnprozesse mit unterschiedlichen Generatoren widerspiegelt. Gomez Gonzalez et al. (1994) unterschieden zwei verschiedene N100, eine parietale und eine occipital/temporale. Die parietale N100 hat demzufolge ihren Ursprung in der Aktivität des occipital-parietalen Projektionspfades, die occipital/temporale N100 in der Aktivität des occipital-temporalen Projektionspfades.

### 2.2.3 Die N200 Komponente (N2)

Die N2 ist eine endogene späte Komponente die selektive Aufmerksamkeitsprozesse widerspiegelt. Gipfellatenz und Verteilung werden sehr unterschiedlich berichtet, da man zum heutigen Zeitpunkt von mindestens vier funktionell verschiedenen N2 ausgeht. Als grobe Richtlinie gilt eine Gipfellatenz um 270-310 ms bei visueller Stimuluspräsentation. Im auditorischen Modus kann die Mismatch-Negativity (MMN) bereits ab 100 ms nach Stimuluspräsentation auftreten. Eine belebte Diskussion hat sich mit der Frage beschäftigt, ob es sich bei der N200 und der bereits vorgestellten N400 um dieselbe zeitlich verzögerte Komponente handeln könnte (für einen Überblick, siehe Pritchard, Shappell & Brandt, 1991). Eine Studie von Deacon, Breton, Ritter & Vaughan (1991) konnte jedoch zeigen, daß die N200 und die N400 unterschiedlich auf Manipulationen der Auftrittshäufigkeit von Reizen reagieren, so daß zum jetzigen Zeitpunkt von einem funktionellen Unterschied der zwei Komponenten ausgegangen wird.

Im Folgenden wird ein großer Teil der in der Literatur diskutierten Negativierungen vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt auf den Komponenten, die Aufmerksamkeit oder Sprachverarbeitung im visuellen Modus reflektieren.

#### N2b

Im Bereich der N2 Komponenten treten für visuell und auditiv präsentierte Reize unterschiedliche Komponentenuntergruppen auf. Während für auditiv präsentierte Reize z.B. die Mismatch Negativity (MMN) durch eine Unregelmäßigkeit in einer sich wiederholenden auditorischen Reizabfolge generiert wird (Näätänen, 1992) und auch durch Ereignisse außerhalb des Aufmerksamkeitsfokusses evoziert werden kann (u.a. Alho, Woods & Akgazi, 1994), wird bei visueller Präsentation keine MMN, aber z.B. die N2b Komponente evoziert (z.B. Smid, Jakob & Heinze, 1999). Die Gipfellatenz der N2b liegt um 270 ms, also wesentlich später als der MMN (100 ms - 250 ms). Ihre modalitäts-unspezifische Topographie zeigt ein zentrales Maximum (Wijers, Mulder, Okita, Mulder & Scheffers, 1989b). Im Gegensatz zur MMN, die teilweise automatische Verarbeitung widerspiegelt, ist das



Auftreten der N2b von selektiver Aufmerksamkeit abhängig (Näätänen & Picton, 1987). Die N2b wird mit verdeckter Aufmerksamkeit und dem Ruf nach fokaler Aufmerksamkeit unabhängig von der selektierten Reizeigenschaft in Verbindung gebracht (Näätänen, 1982; Wijers, 1989). Das Modell von Lange, Wijers, Mulder & Mulder (1998) erweiterte die funktionelle Bedeutung der N2b um den Aspekt der Stimulus/Response-Zuordnung, d.h., daß die N2b Aktivität auch die Analyse unter dem Gesichtspunkt der Aufgabe und die Zuordnung der Antwortreaktion reflektiert. Untersuchungen mit multidimensionalen Selektionsaufgaben (z.B. Smid et al., 1999) diskutierten die Zusammenhänge von N2b und FSP (Frontal Selection Positivity) und vermuteten, daß die N2b möglicherweise die Koordination früher Selektions- und Verhaltens-Kontroll-Prozesse spiegelt, und damit eine übergeordnete Ordnungsfunktion der Aufmerksamkeit darstellt. Als möglicher Generator der N2b ist der mediale präfrontale Kortex genannt worden (Lange et al., 1998). Weitere Untersuchungen stehen noch aus.

### **N2c**

Eine weitere auch visuell auftretende Negativierung ist die N2c Komponente. Bei aufmerksamkeitsabhängiger Reizverarbeitung spiegelt sie den Aspekt der Stimulus-Klassifikation wider (Breton, Ritter, Simson & Vaughan, 1988). Die N2c wird für Zielreize erhöht, wenn sowohl Ablenk- als auch Zielreize beachtet sind. Daher tritt sie meistens gemeinsam mit einer N2b auf, zeigt aber eine mehr laterale Topographie. Durch Zeitdruck auf das Antwortverhalten wird die Amplitude vergrößert (Breton et al., 1988).

Die vorgestellten Negativierungen im Bereich um 200 ms zeigen die breite Vielfalt an unterschiedlichen Funktionen, die in diesem Zeitfenster auftreten können. Gemeinsam mit dem bereits im sprachbezogenen EKP Kapitel besprochenen Recognition Potential spiegeln sie eine Vielzahl an stimulusbezogenen Auswahl- und Verarbeitungsmechanismen wider, die von der automatischen Abweichungsdetektion über die aufmerksamkeitsbezogene Klassifizierung bis zur semantischen Verarbeitung reichen können.

### **2.2.4 Die P300 Komponente (P3)**

Die P3 Komponente ist in einem breiten experimentellen Spektrum im Zusammenhang mit devianten Reizen beobachtet worden. Ihre maximale Ausprägung liegt im Zeitfenster von 300 ms bis 750 ms und ihre Topographie ist, abhängig von der verwendeten Manipulation, frontal oder zentro-parietal. Die Angaben zu Latenz und Topographie lassen bereits erkennen, daß die P300 kein einheitliches Phänomen darstellt. Verschiedene Untersuchungen sprechen dafür, daß die P300

auf die Aktivität eines umfangreichen neuronalen Netzwerkes zurückgeführt werden kann (u.a. Johnson, 1993). Im Folgenden werden die P3a und die P3b vorgestellt, welche mit Aufmerksamkeits- und generellen Stimulusevaluationsprozessen in Verbindung gebracht werden.

### **P3a und Novel-P3**

Die P3a wurde erstmals von Squires, Squires & Hillyard (1975) als Komponente mit fronto- zentralem Maximum beschrieben, die bei aufgabenirrelevanten seltenen Reizen in der akustischen Präsentation auftritt. Die Bezeichnung P3a wird oft synonym für eine in Latenz und Topographie ähnliche Positivierung, die Novel P3, gebraucht. Diese wird durch zusätzliche neuartige Reize in einem klassischen oddball-Paradigma generiert. Sowohl P3a als auch Novel P3 reagieren auf seltene und im Bezug auf die Aufgabenstellung bedeutungslose Reize. Daher gehen eine Reihe von Studien davon aus, daß beide Komponenten eine unfreiwillige Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokusses reflektieren (Daffner, Mesulam, Scinto, Cohen, Kennedy, West & Holcomb, 1998; Näätänen, 1990), die auch im visuellen Modus bei irrelevanten neuartigen Reizen auftreten kann (Hillyard & Picton, 1987). Als Generatoren der Novel-P3 werden u.a. der präfrontale Kortex und der mediale Schläfenlappen diskutiert (Mecklinger & Ullsberger, 1995), aber auch hippocampale/parahippocampale Regionen (Knight, 1996).

### **P3b**

Im Gegensatz zur P3a und Novel-P3 wird die P3b als Reaktion auf relevante seltene Reize evoziert und hat eine zentro-parietale Topographie (Sutton, Braren, Zubin & John, 1965). Sie wird in Verbindung mit stimulusbezogener und nicht antwortbezogener Verarbeitung gebracht (McCarthy & Donchin, 1981). Die Amplitude der P3b wird nicht durch die objektive Seltenheit, sondern eher durch eine komplexe Interaktion der Bedeutung, Handlungsrelevanz und subjektiven Auftretenswahrscheinlichkeit eines Stimulus bestimmt (Johnson, 1986).

Für die vorliegende Untersuchung ist vor allem der Zusammenhang von Aufmerksamkeit und P3b von Bedeutung. Die P3b wird von aufgabenrelevanten Reizen evoziert, ist also von Aufmerksamkeit abhängig. Ihre Amplitude erhöht sich für Stimuli, deren Erscheinen eine Handlung (z.B. Tastendruck) erfordert (Squires et al., 1975). Auch ein erhöhter Informationsgehalt des Stimulus oder erhöhter subjektiver Wert (z.B. durch Belohnungswert dargestellt) erhöhen die P3b-Amplitude. Je sicherer sich ein Proband seiner Entscheidung ist, desto größer fällt die P3b-Amplitude aus. Die Komponente fehlt im Allgemeinen bei als Zielreiz

falsch eingeordneten Ablenkern oder verpaßten Zielreizen und in korrekt zurückgewiesenen Reizen (Pritchard, 1981). Obwohl die P3b durch beachtete, aufgabenrelevante Reize ausgelöst wird, kann sie sich bei einer schlechten Trennung zwischen beachteten und unbeachteten Zielreizen auch auf unbeachtete Reize erstrecken (Näätänen, 1982). Untersuchungen in Doppelaufgaben-Paradigmen haben gezeigt, daß die P3-Amplitude für Erstaufgaben- und Zweitaufgabenreize durch kognitive Beanspruchung variiert werden kann, die Summe der Amplituden jedoch gleich bleibt (Wickens, Kramer, Vanasse & Donchin, 1983). Die Verlagerung der relativen Betonung einer Aufgabe (z.B. mittels einer Belohnungsstruktur) bewirkt daher die Verlagerung der P3b-Amplitude (Kramer, Sirevaag & Braune, 1987). Ein weit verbreitetes funktionelles Modell der P3b (Donchin, 1981) postuliert daher, daß die P3b Prozesse widerspiegelt, die mit der Aktualisierung und Umordnen von Repräsentationen (sensorische Eindrücke, Gedächtnisinhalte) im Arbeitsgedächtnis in Verbindung stehen. Die Generatoren der P3b werden sehr unterschiedlich diskutiert, am wahrscheinlichsten scheinen multiple Generatoren mit informationsspezifischen Zentren (Mecklinger, Maeß, Opitz, Pfeifer, Cheyne & Weinberg, 1998).

## **Kapitel 3**

# **Experiment 1 - Die Verarbeitung unbeachteter Wörter**

### **3.1 Einleitung**

Eine Person liest konzentriert einen Artikel in einer Zeitschrift. Die meisten Untersuchungen über visuelle Wortverarbeitung haben sich auf die Verarbeitung beachteter Wörter fokussiert, einen Vorgang, der z.B. dem Lesen des besagten Artikels entspricht. Relativ wenige Arbeiten haben versucht, den Verarbeitungsprozeß unbeachteter Wörter zu untersuchen und festzustellen, welche Informationen z.B. aus den unbeachteten Werbungen über und unter dem Artikel extrahiert werden. Unabhängig von der begrenzten Anzahl der Studien, die sich mit unbeachteter Wortverarbeitung beschäftigen, ist dieses Thema von großer Bedeutung innerhalb der Selektionstheorien der Aufmerksamkeit. Die Beschäftigung mit unbeachteter Wahrnehmung ermöglicht Aussagen über die generelle Wortverarbeitung, indem sie es erlaubt, die Art und den Zeitpunkt der Selektion in der Wortverarbeitung zu bestimmen. Theoretische Modelle haben explizite, aber grundlegend unterschiedliche Voraussagen über die Möglichkeit der unbeachteten Wortverarbeitung gemacht.

Modelle, die eine frühe Selektion durch Aufmerksamkeit annehmen, gehen von einem frühen Filtermechanismus gleich nach der Merkmalsidentifikation aus. Sie betonen daher die Notwendigkeit von Aufmerksamkeit - im Besonderen von räumlicher Aufmerksamkeit - für jegliche Wortverarbeitung (z.B. Treisman & Gelade, 1980). Unbeachtete Wörter sollten daher nicht über die Merkmalsebene hinaus verarbeitet werden. Späte Selektionsmodelle gehen von einer automatischen Identifikation von Wörtern ohne Aufmerksamkeit aus (z.B. Duncan, 1980). Die semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter ist daher möglich.

Die experimentellen Evidenzen zu diesem Thema sind uneinheitlich. Behaviorale Studien haben vor allem das Priming-Paradigma zur Untersuchung der Verarbeitung von unbeachteten Wörtern genutzt, wobei einem Wort (Target oder Zielreiz) entweder ein semantisch/kategoriell relatives (Prime) oder unrelatives Wort vorausgeht. Unterschiedliche Studien berichten, daß unbeachtete Primes einen Einfluß auf beachtete Targets haben können (Fuentes & Tudela, 1992; Ortells & Tudela, 1996). Unbeachtete relative Primes verringerten die Reaktionszeiten der beachteten Targets; ein Effekt, der sich mit der Verringerung des räumlichen Abstands zwischen Primes und Targets ins Gegenteil umkehrte. Diese Ergebnisse können als Hinweise auf die semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter verstanden werden. Für die Verlängerung der Reaktionszeiten bei kleinen räumlichen Abständen zwischen den Primes und Targets könnte eine aktive Hemmung aller durch ignorierte Stimuli aktivierten lexikalischen Einträge verantwortlich sein. Aktive Hemmungsmechanismen sind bereits anderweitig als zusätzliche Funktion selektiver Aufmerksamkeit vermutet worden (Yee, 1991). Sie unterdrücken die Aktivierung unbeachteter Wörter, da die Verarbeitung dieser den Instruktionen widersprechen. Eine andere Interpretation der veränderten Reaktionszeiten wäre ein nachträgliches Priming der unbeachteten Primes durch beachtete Targets (Broadbent & Gathercole, 1990) oder das Abweichen des Aufmerksamkeitsfokusses auf die nicht zu beachtenden Wörter (Logan, 1992). Diese Prozesse würden durch mangelhafte Kontrolle der Aufmerksamkeit verursacht werden und daher keine Evidenz gegen eine frühe Filterung liefern. Zusammengefaßt ermöglichen die Ergebnisse dieser behavioralen Studien keine befriedigende Entscheidung zwischen frühen und späten Selektionsmodellen. Ein allgemeines Problem behavioraler Studien besteht in der mangelnden Kontrolle über den Aufmerksamkeitsfokus, da durch die Instruktion der Probanden nicht verhindert werden kann, daß der Fokus entweder abschweift oder über einen größeren Bereich im Raum verteilt wird.

Elektrophysiologische Untersuchungen (EKPs) haben einen großen Beitrag zur Lösung dieses Problems und zu seiner Diskussion geleistet, indem sie frühe Komponenten identifizierten, die spezifisch auf Aufmerksamkeitsmodulationen reagieren (u.a. Mangun & Hillyard, 1988, 1990). Im Zeitfenster von 50 ms bis 200 ms nach Stimuluspräsentation wurden erhöhte P100 und N100 Komponenten für Reize an beachteten Positionen im Vergleich zu unbeachteten Positionen im Raum nachgewiesen und als früher Selektionsprozeß und Modulation des sensorischen Inputs diskutiert (Hillyard & Anllo-Vento, 1998). Die Entdeckung früher, aufmerksamkeitsrelativer EKP Komponenten war nicht nur eine experimentelle Unterstützung früher Selektionstheorien, sondern ermöglichte es auch, räumlich beachtete von räumlich unbeachteten Reizen im EEG zu trennen und damit eine

Kontrolle über den Fokus der Aufmerksamkeit auszuüben. Weitere Evidenz für eine frühe Filterung unbeachteter Wörter und gegen eine automatische Verarbeitung beruht auf der Tatsache, daß bisher keine EEG Studie bei kontrollierter räumlicher Aufmerksamkeit die semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter zeigen konnte. McCarthy & Nobre (1993) z.B. fanden in einem Priming Paradigma keinerlei Priming Effekte für Wörter, die an unbeachteten Positionen dargeboten wurden. In der Untersuchung wurden Wörter vertikal in einem Gesichtsfeldwinkel von 5° rechts oder links zum Fixationspunkt dargeboten und die Probanden instruiert, nur auf eine Bildschirmseite zu achten. Eine semantische Kategorisierungsaufgabe sollte ausschließlich für die beachteten Wörter durchgeführt werden, die auch als einzige einen Priming Effekt zeigten.

Auf der anderen Seite haben innerhalb des Wiederholungs-Priming Paradigmas Studien sehr wohl zeigen können (Otten, Rugg & Doyle, 1993; Yamagata, Yamaguchi & Kobayashi, 2000), daß unbeachtete Wörter zumindest auf einer unterhalb der Semantik liegenden Ebene verarbeitet werden. Beim Wiederholungs-Priming werden wiederholt angebotene Wörter mit einzeln angebotenen Wörtern verglichen. Der üblicherweise dabei auftretende EKP Effekt besteht aus einer zentralen und parietalen Positivierung ab ca. 200 ms für die wiederholt angebotenen Wörter und kann sowohl auf einen prä-lexikalischen Mustervergleich als auch auf lexikalisches Priming zurückgeführt werden. Wurden sowohl Primes als auch Targets an einer unbeachteten Position dargeboten, konnte ebenfalls ein Effekt der wiederholt angebotenen Wörter gezeigt werden (Otten et al., 1993; Yamagata et al., 2000), der sich allerdings als frontale Negativierung herausstellte und damit funktionell vom EKP Effekt für beachtete Wörter abweicht. Die uneinheitlichen Ergebnisse innerhalb der EEG Studien erfordern eine genaue Analyse der bisher durchgeführten Primingstudien. Ein Problem der McCarthy & Nobre Studie (1993) könnte in der unkonventionellen vertikalen Präsentation der Wörter und dem relativ großen Abstand zum Fixationspunkt liegen. Diese Manipulationen könnten die Effekte für unbeachtete Wörter durch eine insgesamt ungünstige physikalische Stimulusqualität und eine Mißachtung der Leserichtung blockiert haben (Duncan, 1980).

Die Identifikation eines elektrophysiologischen Korrelats für die semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter ist von entscheidender Wichtigkeit für Aussagen über Zeitstruktur und zugrundeliegende Mechanismen dieses Vorgangs. Die bisher durchgeführten Untersuchungen haben die Frage nach der EEG Abbildung und damit nach der Möglichkeit der Verarbeitung unbeachteter Wörter nicht ausreichend beantworten können. In den folgenden zwei Experimenten wird sowohl versucht werden, dieses elektrophysiologische Korrelat zu identifizieren, als auch die Interaktion von unbeachteter Wortverarbeitung und Aufgabenstellung zu untersuchen. Diese zwei Zielsetzungen sollen es ermöglichen, grundlegende Aussa-

gen über die Verarbeitung unbeachteter Wörter zu treffen, die in späteren Experimenten dann im Detail weiterverfolgt werden können.

Im folgenden ersten Experiment wird versucht, durch angepaßte Versuchsparameter ein elektrophysiologisches Korrelat der unbeachteten Wortverarbeitung zu identifizieren. Im gegenwärtigen Experiment werden die Wörter horizontal und in einem kleineren Blickfeldwinkel (ca. 2°) präsentiert um auszuschließen, daß unnatürliche Wortpräsentation und unzureichende physikalische Stimulusqualität die semantische Verarbeitung der unbeachteten Wörter verhindern. Die frühen, aufmerksamkeitsrelatierten EKP Komponenten werden als Erfolgskontrolle der räumlichen Aufmerksamkeitsmanipulation genutzt. Im Gegensatz zu McCarthy & Nobre (1993) wird kein semantisches Priming Paradigmen in der Aufgabe umgesetzt; die semantische Kategorisierungsaufgabe per se wird genutzt, um post-lexikalische Verarbeitung zu zeigen. Beide Paradigmas zeigen Auswirkungen auf die N400 Komponente. Ein Vergleich der Kategorien ist jedoch der direktere Nachweis für die Aktivierung semantischer Kategorien und vermeidet Unregelmäßigkeiten, die durch ungenügend kontrollierte Relationen der Priming Paare entstehen könnten.

Für die Zielreize im folgenden Experiment wurde eine N400 gefolgt von einer vergrößerten P3b Komponente erwartet (Donchin, 1981). Semantisch verarbeitete Reize erzeugen im Allgemeinen eine N400, die für geprimte Wörter im Vergleich zu nicht geprimten (Holcomb & Neville, 1990) und für Wörter der Zielkategorie im Vergleich zu Wörtern anderer Kategorien verkleinert ist (Kutas & Iragui, 1998). Daher wurde für beachtete Ablenkreize eine erhöhte N400 im Vergleich zu beachteten Zielreizen erwartet. Inwieweit unbeachtete Wörter ebenfalls eine EKP Modulation im Zeitfenster der N400 aufweisen, war das experimentell zu untersuchende Ziel des folgenden Experiments. Eine Modulation würde auf die semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter schließen lassen. Das Fehlen einer Modulation würde die Annahme stärken, daß ein früher Filtermechanismus entscheidend für die Wortverarbeitung ist.

## 3.2 Methoden

### 3.2.1 Versuchspersonen

Insgesamt wurden 37 Probanden getestet. Fünf Versuchspersonen wurden vor Beginn der Analysen ausgeschlossen, da sie entweder weniger als 60% der Zielreize korrekt identifiziert hatten oder mehr als 20% der EEG Sequenzen durch Artefakte kontaminiert waren. Damit wurden 32 Probanden in die Analysen aufgenommen. Das Durchschnittsalter dieser Probanden betrug 23.18 Jahre (SD = 2.71), 15 Pro-

banden waren weiblich. Alle Probanden waren Rechtshänder, deutsche Muttersprachler und besaßen eine normale oder auf normal korrigierte Sehkraft. Für ihre Teilnahme wurden die Probanden bezahlt.

### 3.2.2 Stimuli

Das präsentierte Material bestand aus 420 Wörtern. Alle Wörter wurden in Großbuchstaben präsentiert. Die Wortlänge betrug 3 bis 8 Buchstaben ( $M = 5.73$ ;  $SD = 1.30$ ). Die Wörter wurden rechts oder links vom Fixationskreuz in der Mitte des Bildschirms präsentiert. Damit betrug der Gesichtsfeldwinkel zwischen dem Fixationskreuz und dem äußeren Rand eines Wortes im Durchschnitt  $2.04^\circ$  ( $SD = 0.43^\circ$ ). Jeder Buchstabe und das Fixationskreuz waren 5.8 mm breit, die Entfernung zwischen Auge und Bildschirm betrug einen Meter. Die Wortfrequenz wurde mit Hilfe der CELEX Datenbank kontrolliert (Baayen, Piepenbrock & van Rijn, 1995) und variierte von 0 bis 13 Einträgen pro Million ( $M = 3.20$ ;  $SD = 3.07$ ). Keine Bedingung variierte signifikant in der Wortlänge oder der Wortfrequenz von den anderen.

Je eine Hälfte der Wörter wurde in einer pseudorandomisierten zufälligen Abfolge rechts bzw. links vom Fixationskreuz präsentiert. Gleichzeitig mit jedem Wort wurde auf der gegenüberliegenden Bildschirmseite ein Ablenker aus Gartenzäunen (###) präsentiert, der ebenso lang war wie das gleichzeitig präsentierte Wort. Jeweils 35 pro Bildschirmseite präsentierte Wörter gehörten zur semantischen Kategorie „belebt“, die restlichen 175 Wörter gehörten zur Kategorie „unbelebt“. Alle Wörter wurden 300 ms lang präsentiert, anschließend wurde 500 ms lang der Bildschirm gelöscht und dann 500 ms lang das Fixationskreuz präsentiert (siehe Abbildung 3.1). Damit betrug das Inter-Stimulus-Intervall 1000 ms.

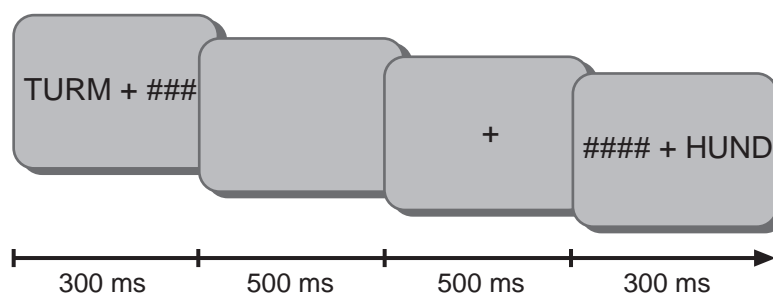


Abbildung 3.1: Beispiel des Versuchsdurchlaufs in Experiment 1



### 3.2.3 Durchführung

Die Probanden wurden in einer elektrisch und akustisch isolierten Kabine getestet. Experiment 1 und 2 wurden hintereinander durchgeführt. Die Probanden wurden instruiert, das Kreuz in der Mitte des Bildschirms zu fixieren und ihre Aufmerksamkeit auf eine Seite des Bildschirms zu richten. Je eine Hälfte der Probanden richtete die Aufmerksamkeit nach rechts bzw. links. Bei jedem Wort, daß auf der beachteten Bildschirmseite präsentiert wurde, mußte entschieden werden, ob es belebt oder unbelebt ist. Die Probanden wurden instruiert, so genau und so schnell wie möglich eine Entscheidung zu treffen. Bei Entdeckung eines belebten Wortes mußte mit der rechten Hand eine Taste gedrückt werden. Die Wörter wurden in drei Blöcken mit einer Länge von jeweils ca. 5 Minuten präsentiert, das gesamte Experiment dauerte ca. 15 Minuten. Ein Übungsblock mit 30 Stimuli wurde viermal vor dem Experiment wiederholt.

### 3.2.4 EEG-Messung und Datenanalyse

Das EEG wurde kontinuierlich mittels in einer Haube integrierten, nach dem internationalen 10-20 System positionierten 26 Silber/Silberchlorid Elektroden aufgezeichnet (FP1, FP2, AFZ, F7, F3, FZ, F4, F8, FT7, FC3, FC4, FT8, T7, C3, CZ, C4, T8, CP5, CP6, P7, P3, PZ, P4, P8, O1 und O2). Zusätzlich wurden mittels zweier Elektroden auf den Mastoiden Werte für A1 und A2 erhoben. Als ursprüngliche Referenz diente der linke Mastoid. Zur Kontrolle von Augenbewegungen wurde das vertikale und horizontale Elektroofokulogramm (EOG) kontinuierlich durch jeweils zwei Elektroden ober- und unterhalb bzw. an den äußeren Canthi beider Augen registriert. Die Elektrodenimpedanzen lagen unter  $5\text{k}\Omega$ . Ein online 70 Hz Filter wurde verwendet, um Netzspannungsartefakte zu unterdrücken, die AD-Wandlung erfolgte mit 22 bit Auflösung bei einer Abtastrate von 250 Hz. Offline wurden durch EOG Artefakte belastete EEGs markiert und von der Analyse ausgeschlossen, wenn die Standardabweichung innerhalb eines 200 ms Intervalls mehr als  $30\ \mu\text{V}$  nach oben oder unten betrug. Ebenso wurden auch Bewegungsartefakte oder Elektrodendrifts offline markiert. Im Durchschnitt wurden 11% der Reize von der Analyse ausgeschlossen. Die Daten wurden gegen den Mittelwert der summierten Mastoiden rereferenziert.

Für jeden Probanden und jede Elektrode wurden über einen Zeitraum von 150 ms vor und 1000 ms nach Reizpräsentation separate EKPs durch Summation erstellt. Dabei wurde eine Baseline von 150 ms bis 0 ms vor Reizpräsentation benutzt. Zur Identifikation der EKP Komponenten wurden verschiedene Zeitfenster analysiert, die sich an den in der Literatur berichteten Zeitfenstern orientieren und wenn nötig, nach visueller Inspektion angepaßt wurden. Die P100 und N100

wurden nach Luck et al. (1990) auf der P7/8 Elektrode analysiert. Der zweifach gestufte Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE) wurde in die Analyse mit aufgenommen. Die Zeitfenster wurden nach visueller Inspektion auf 100-160 ms für die P100 und 160-220 ms für die N100 festgelegt.

Für die N400 wurde ein Zeitfenster von 300-500 ms (N400) festgelegt. Folgende Faktoren wurden in die Analysen der Zeitfenster aufgenommen: der zweifach gestufte Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor Ziel-/Ablenkerkategorie (KATEGORIE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort (ART) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor Roi (ROI). Letzterer beschreibt die verschiedenen topographische Regionen (regions of interest [ROIs]), die als Faktor in die Analyse aufgenommen wurden, um die Position und Lateralisierung von EKP Effekten bestimmen zu können. Die ROIs unterteilen sich in die zentrale (AFZ, FZ, CZ, PZ), rechts frontale (FP2, F4, F8, FC4, FT8), links frontale (FP1, F3, F7, FC3, FT7), rechts parietale (C4, T8, CP6, P4, P8) und links parietale Region (C3, T7, CP5, P3, P7) und sind in der Abbildung 3.2 dargestellt. Der Vergleich der Ziel- mit der Ablenkerkategorie auf der unbe-

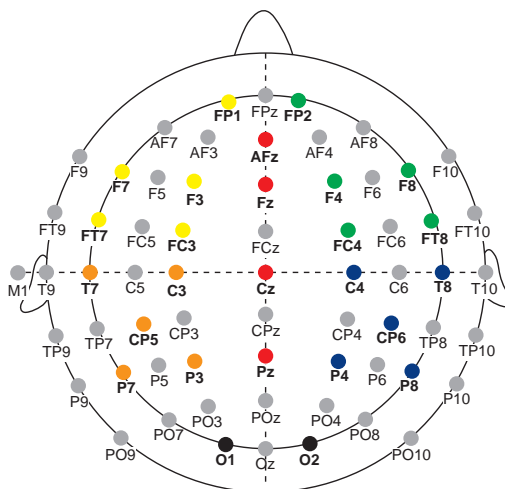


Abbildung 3.2: Darstellung der in den Experimenten abgeleiteten Elektroden und ihrer Positionen auf der Kopfoberfläche (farbige und schwarze Elektroden). Die in den statistischen Analysen untersuchten ROIs (regions of interest) sind farblich kodiert.

achteten Seite erzeugte eine sehr untypische N400. Um den zeitlichen Verlauf der Komponente genauer zu definieren und mit dem Zeitfenster der klassischen N400 vergleichen zu können, wurde eine 50 ms Analyse des Effektes durchgeführt. Dabei wurde der Zeitbereich von 200 ms bis 950 ms nach Stimuluspräsentation für den Vergleich der Ziel- /Ablenkerkategorie auf der unbeachteten Seite in Zeitfenster von 50 ms unterteilt. In die Analysen der Zeitfenster gingen der zweifach gestufte Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), der zweifach gestufte Wieder-

holungsfaktor Ziel-/Ablenkerkategorie (KATEGORIE) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor ROI (ROI) ein. Um eine höhere Reliabilität der dadurch erhaltenen Signifikanzen über die Zeit sicherzustellen, werden nur Effekte diskutiert, die über mindestens zwei nacheinander folgende Zeitfenster anhielten.

Die visuelle Analyse der Augenkanäle ergab nicht erwartete Augenbewegungen. Diese Augenbewegungen waren nicht im laufenden EEG erkennbar und konnten aufgrund ihrer geringen Amplitude auch nicht durch die automatische Markierung des durch EOG Artefakte belasteten EEGs herausgefiltert werden. Die geringe Amplitude der Augenbewegungen (unter  $5 \mu\text{V}$ ) läßt darauf schließen, daß es sich hierbei um keine Sakkaden im eigentlichen Sinne sondern eher um minimale Augenbewegungen handelt. Obwohl die Augenbewegungen immer zur beachteten Seite gerichtet wurden, ließ sich bei visueller Inspektion ein Amplitudenunterschied abhängig vom beachteten Material (Wort/###) erkennen. Daher wurde post-hoc eine statistische Analyse der horizontalen Augenbewegungen auf der EOGH Elektrode durchgeführt. ANOVAs mit dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor ART (beachtetes Wort/unbeachtete ### vs. beachtete ##/unbeachtetes Wort) wurden in den Zeitfenstern der N400 und des KAT-Effektes separat für jede beachtete Seite durchgeführt. Alle berichteten statistischen Analysen wurden nach Geisser & Greenhouse (1959) korrigiert, wenn Effekte mit mehr als einem Freiheitsgrad im Zähler berechnet wurden.

### 3.3 Ergebnisse

#### 3.3.1 Behaviorale Daten

Da die Probanden in dem verwendeten Go/NoGo Paradigma nur auf Zielreize mit Tastendruck reagieren sollten, sind nur für die korrekt erkannten Zielreize interpretierbare Reaktionszeiten vorhanden ( $M = 642.5 \text{ ms}$ ;  $SD = 35.7 \text{ ms}$ ). Daher konnte nur eine Analyse des Einflusses der beachteten Seite (SEITE) vorgenommen werden. Der t-Test ergab keinen signifikanten Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen rechts und links fokussierter Aufmerksamkeit ( $t[30] = -0.06$ ;  $p > .9$ ). Der mittlere Prozentsatz der korrekt erkannten Zielreize lag bei 72.9% ( $SD = 10.9$ ). Auch hier wurde ein t-Test durchgeführt, um den Einfluß der beachteten Seite (SEITE) zu analysieren. Kein signifikanter Unterschied zwischen links und rechts fokussierter Aufmerksamkeit wurde in den % korrekt erkannter Zielreize gefunden ( $t[30] = 0.21$ ,  $p > .8$ ). Die % korrekt abgelehnter Distraktorreize lagen bei über 99 % und wurden aufgrund der beschränkten Aussagekraft nicht weiter ausgewertet.

### 3.3.2 EEG Daten

Um zu überprüfen, ob die Instruktionen tatsächlich zu einer ausschließlichen Beachtung einer Bildschirmseite geführt haben, wurden die P100 und N100 Komponenten analysiert (siehe Abbildung 3.3). Bei zweiseitiger Stimulusdarbietung werden dafür Elektroden miteinander verglichen, die contralateral und ipsilateral zum nach der Instruktion beachteten visuellen Feld liegen. Die beachteten Seiten wurden gemittelt und die absoluten Ablenkerkategorien miteinander verglichen, um einen Einfluß des Zielreizes auszuschließen. Das vorliegende Experiment orientierte sich bei der P100 und N100 Auswertung an Luck et al. (1990), daher wurden contra- und ipsilaterale EKPs auf der vereinten P7/P8 Elektrode analysiert, die der T5/T6 bei Luck und Kollegen (1990) entspricht. Eine erhöhte P100 Komponente wurde für contralaterale im Vergleich zu ipsilateralen Elektroden erwartet, wenn die Aufmerksamkeit tatsächlich auf die instruierte Bildschirmseite gelenkt worden war. Diese Annahme wurde statistisch überprüft, indem je eine Varianzanalyse (ANOVA) mit dem Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE) und dem Wiederholungsfaktor ipsi- vs. contralaterale Elektroden (ELEKTRODENPOSITION) für die Zeitfenster der P100 und N100 durchgeführt wurde. Im Zeitfenster der P100 wurde der Faktor ELEKTRODENPOSITION nicht signifikant ( $p > .1$ ). Die signifikant erhöhte Positivierung für contralaterale Elektroden wurde aber im späteren Zeitfenster der N100 signifikant ( $F[1,30] = 6.32$ ;  $p < .01$ ). Um die Effekte der semantischen Kategorisierungsaufgabe zu bestimmen, wur-

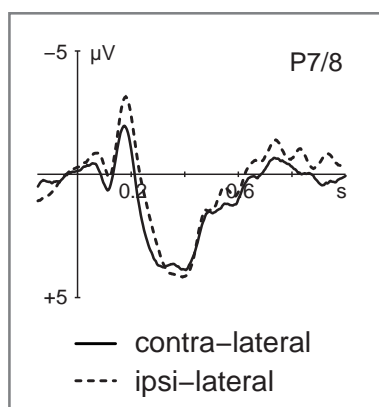


Abbildung 3.3: Experiment 1. P100 und N100 Komponente für contra- und ipsilaterale Elektroden auf der kombinierten P7/8 Elektrode.

de im Zeitfenster der N400 eine Analyse der KATEGORIE Effekte der beachteten und der unbeachteten Seite durchgeführt. An dieser Stelle soll erwähnt werden, daß bei Go/NoGo Paradigmen normalerweise die Bedingung des beachteten

Zielreizes nicht in EEG Analysen aufgenommen wird, da diese im Gegensatz zu allen anderen Bedingungen mit einer Reaktion konfundiert ist. Der Grund, den Vergleich der KATEGORIE Effekte im vorliegenden Experiment auch für die beachtete Seite durchzuführen, ist, daß nur so eine Kontrolle erfolgen kann, ob die vorgenommene Manipulation auf der beachteten Seite den bisher berichteten Effekten entspricht und daher vergleichbar ist. In der Diskussion wird selbstverständlich auf die Konfundierung des EEG Effektes mit der Reaktionsplanung und Durchführung eingegangen werden.

Die Analyse der N400 ergab sowohl einen signifikanten Haupteffekt für ART ( $F[1,30] = 5.32$ ;  $p < .02$ ) und KATEGORIE ( $F[1,30] = 13.21$ ;  $p < .001$ ) als auch eine signifikante Interaktion für ART mit KATEGORIE ( $F[1,30] = 66.87$ ;  $p < .001$ ) und eine dreifache Interaktion von ART, KATEGORIE und ROI ( $F[4,120] = 15.41$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .6088). Daher wurden beachtete Wörter/unbeachtete # # # und beachtete # # #/unbeachtete Wörter separat weiter analysiert. Beachtete Wörter zeigten eine signifikante Interaktion von KATEGORIE mit ROI ( $F[4,120] = 14.32$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .5516), daher wurden die KATEGORIE Effekte separat für die einzelnen ROIs bestimmt. Wie Tabelle 3.1 zeigt, weisen Wörter auf der beachteten Seite einen über den ganzen Schädel verteilten Effekt der semantischen Kategorie im Zeitfenster der N400 auf. Der Faktor SEITE wurde nicht signifikant ( $p > .1$ ) und interagiert auch nicht signifikant mit einem anderen Faktor. Unbeachtete Wörter zeigten ebenfalls eine signifikante Interaktion von KATE-

Tabelle 3.1: *Experiment 1. KATEGORIE Effekte für beachtete und unbeachtete Wörter im N400 Zeitfenster*

ROIs	Beachtete Wörter		Unbeachtete Wörter	
	F	df	F	df
FR	68.86***	1,30	8.11**	1,30
FL	34.64***	1,30	6.99*	1,30
PR	22.59***	1,30	2.18	1,30
PL	16.38***	1,30	3.18	1,30
Z	46.97***	1,30	6.69*	1,30

*Anmerkungen.* FR = Frontal Rechts; FL = Frontal Links; PR = Parietal Rechts; PL = Parietal Links; Z = Zentral.

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

GORIE mit ROI ( $F[4,120] = 2.89; p < .04; G.-G.\varepsilon: .6984$ ), so daß auch hier die KATEGORIE Effekte für die einzelnen ROIs bestimmt wurden. Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen sind ebenfalls in Tabelle 3.1 aufgeführt. Wörter auf der unbeachteten Seite weisen nur einen frontalen und zentralen KATEGORIE Effekt auf. Eine visuelle Inspektion der Effekte für beachtete und unbeachtete Wörter in Abbildung 3.4 zeigt, daß die Effekte nicht vergleichbar sind, sondern eine umgekehrte Polarität aufweisen. Während für beachtete Wörter der Ablenkerkategorie eine höhere Negativierung zu beobachten ist, wird für unbeachtete Wörter der Zielkategorie eine höhere Negativierung beobachtet. Da Topographie

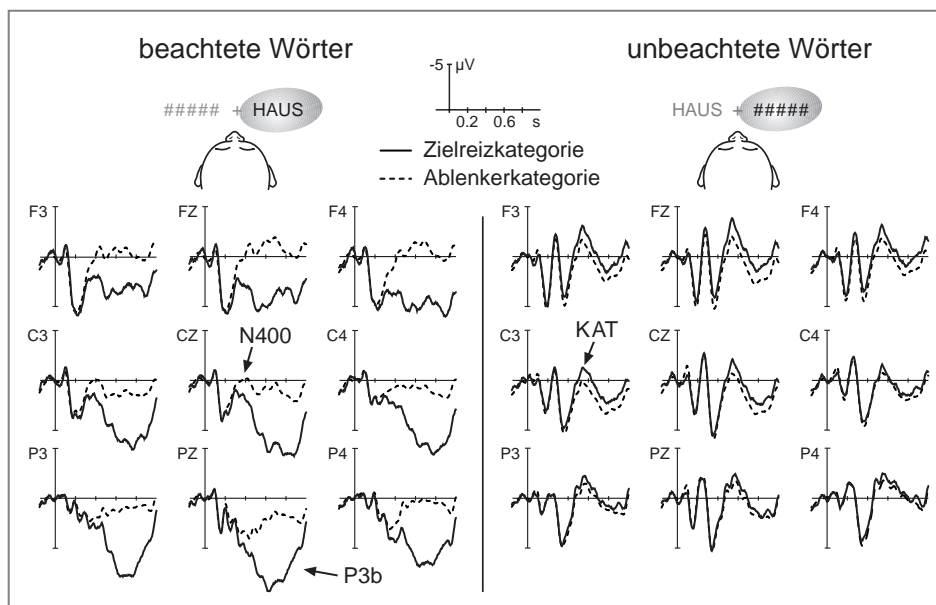


Abbildung 3.4: Experiment 1. Vergleich der Zielreiz- (belebt) und Ablenkerkategorie (unbelebt) für beachtete und unbeachtete Wörter auf ausgewählten Elektroden.

und Funktionalität des Effekts für unbeachtete Wörter sich von einer „klassischen“ N400 unterscheiden, wurde mit einer 50 ms Analyse überprüft, wie sich Latenz und Zeitfenster für den Effekt der Kategorisierung von unbeachteten Wörtern verhalten. Tabelle 3.2 zeigt die Ergebnisse der Zeitfensteranalysen. Ein klarer KATEGORIE Effekt ist ab einem Zeitfenster von 450 ms zu erkennen und zieht sich sehr weit bis zum Zeitpunkt von 950 ms nach Stimuluspräsentation hin. Im Folgenden wird dieser frontale Kategorisierungseffekt für unbeachtete Wörter im Zeitfenster von 450 ms bis 950 ms als KAT-Effekt bezeichnet werden.

Tabelle 3.2: *Experiment 1. 50 ms Analyse des KATEGORIE Effekts für unbeachtete Wörter*

Z	200- 250	250- 300	300- 350	350- 400	400- 450	450- 500	500- 550	550- 600
	-	-	-	*	-	*	**	**
Z	600- 650	650- 700	700- 750	750- 800	800- 850	850- 900	900- 950	
	**	**	***	**	**	***	**	

Anmerkungen. Z = analysiertes Zeitfenster in ms.  
 $-p > .05$ ,  $*p < .05$ ,  $**p < .01$ ,  $***p < .001$ .

Die Analyse der Augenbewegungen fand anhand der auf der EOGH Elektrode aufgezeichneten Daten statt. Um auszuschließen, daß einzelne Versuchspersonen minimale Augenbewegungen zur nicht zu beachtenden Bildschirmseite ausgeführt hatten, um unbeachtete Wörter besser wahrzunehmen, wurden die Augenbewegungen hinsichtlich ihrer Richtung bei allen Versuchspersonen und allen Bedingungen visuell inspiziert. Alle Versuchspersonen zeigten sowohl bei Darbietung von Wörtern als auch bei Darbietung von Gartenzäunen (###) minimale Augenbewegungen zur beachteten Seite.

Obwohl die Augenbewegungen immer zur beachteten Seite gerichtet wurden, ließ sich bei visueller Inspektion ein Amplitudenunterschied abhängig vom beachteten Material (Wort/###) erkennen (siehe Abbildung 3.5). Die statistischen Analysen dieser Amplitudenunterschiede auf der horizontalen Augenelektrode ergaben einen signifikanten Effekt des Faktors ART (beachtetes Wort/unbeachtete ### vs. beachtete ##/unbeachtetes Wort) sowohl für die auf die rechte Bildschirmseite als auch für die auf die linke Bildschirmseite achtenden Probanden. Ein Effekt des Faktors ART wurde im N400 Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 35.12$ ;  $p < .001$ ; Rechts:  $F[1,15] = 18.29$ ;  $p < .001$ ) und im KAT Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 8.69$ ;  $p < .01$ ; Rechts:  $F[1,15] = 31.06$   $p < .001$ ) gezeigt. Bei Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die rechte sowie die linke Bildschirmhälfte konnte eine vergrößerte Augenbewegung bei Darbietung beachteter Wörter im Vergleich zu beachteten ### nachgewiesen werden.

Dadurch ist nicht sichergestellt, daß die perzeptuelle Ebene zwischen den Bedingungen der beachteten und unbeachteten Wörtern gleich ist. Aus diesem Grunde wird darauf verzichtet, einen direkten Vergleich der durch beachtete und unbeachtete Wörter generierten EEGs auszuwerten. Im Hinblick auf die P100 und

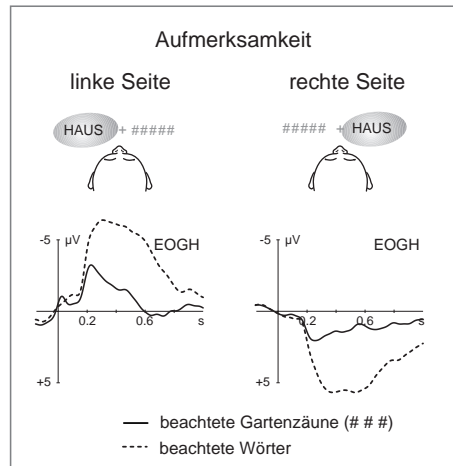


Abbildung 3.5: *Experiment 1. Darstellung der Augenbewegungen für Aufmerksamkeitsfokussierung auf die rechte und linke Bildschirmseite und beachtete Wörter und beachtete Gartenzäune (###).*

N100 Analyse, die einen Vergleich der beachteten und unbeachteten visuellen Halbfelder einschließt, kann davon ausgegangen werden, daß die Effekte nicht mit Augenbewegungen und perzeptuellen Faktoren konfundiert sind, da der Beginn der Augenbewegungen nach 200 ms und damit nach den analysierten Zeitfenstern der P100 und N100 stattfindet. Außerdem ist der Einfluß von Augenbewegungen auf frontale Elektroden beschränkt und schlägt sich nicht bis zu den P7 und P8 Elektroden durch, auf denen die P1/N1 Effekte bestimmt werden.

### 3.4 Diskussion

Im vorliegenden Experiment sollte untersucht werden, ob unter bestimmten physiologischen Voraussetzungen unbeachtete Wörter semantisch verarbeitet und ein elektrophysiologisches Korrelat der unbeachteten semantischen Wortverarbeitung nachgewiesen werden kann. Bei einer parafovealen Darbietung mit einer maximalen Reizentfernung von  $2^\circ$  des Gesichtsfeldwinkels zum Fixationspunkt, waagerechter Wortdarbietung, einer direkten semantischen Kategorisierungsaufgabe und einer durchschnittlich langen Präsentation von 300 ms wurde ein elektrophysiologisches Korrelat der unbeachteten Wortverarbeitung gezeigt.

Die semantische Kategorisierung von unbeachteten Wörtern ging mit einer zentro-frontalen Negativierung für Exemplare der Zielreizkategorie in einem Zeitfenster von 450 ms bis 950 ms einher. Das für eine semantische Kategorisierung erwartete EKP-Korrelat wäre eine N400 gewesen, die sich in der Literatur als zentro-parietale Negativierung für Exemplare der Ablenkerkategorie mit einem Beginn um 300 ms darstellt (Kutas & Iragui, 1998). Dieser N400 entspricht in



Verteilung, Latenz und Negativierung der für beachtete Wörter gefundene Effekt, der im Folgenden auch als N400 diskutiert wird. Da sich der semantische Kategorisierungseffekt für unbeachtete Wörter in Verteilung, Latenz und Negativierung von der in der Literatur beschriebenen und im selben Experiment für die beachteten Wörter replizierten N400 unterscheidet, wird er nicht als N400 bezeichnet und interpretiert. Nichtsdestominder spiegelt der EKP Effekt für unbeachtete Wörter die Zugehörigkeit zu einer semantische Kategorie wider, da die unterschiedliche Kategoriezugehörigkeit der einzige Punkt ist, an dem sich die zwei verglichenen Wortgruppen unterscheiden. Daher wird zur Bezeichnung der Begriff des KAT-Effekts (Kategorisierungs-Effekt) verwendet werden.

Wie bereits im Ergebnisteil berichtet worden ist, wurden entgegen der Instruktionen minimale Augenbewegungen im Experiment beobachtet. Diese Augenbewegungen zeichnen sich durch eine sehr geringe Amplitude und eine hohe Homogenität über Personen und Versuchsbedingungen aus. Die Augen wurden immer minimal in Richtung der zu beachtenden Seite bewegt, wobei die Augenbewegung größer für die Präsentation von beachteten Wörtern im Vergleich zu beachteten Gartenzäunen (###) ausfiel. Im Folgenden werden die Auswirkungen dieser Augenbewegungen auf die EKP Effekte diskutiert werden. Es wird angenommen, daß die Augenbewegungen dazu gedient haben, das zu beachtende Material in eine mehr foveale Position zu bringen, um die Verarbeitung der beachteten Reize zu optimieren. Dadurch wurden die unbeachteten Reize, Gartenzäune (###) wie Wörter, in eine mehr parafoveale Position verschoben, als durch das ursprüngliche Versuchsdesign intendiert worden war. Untersuchungen zur optimalen Fixierungsposition in einem Wort (O'Regan, 1984) ergaben, daß bei einer Wortlänge von 5 bis 7 Buchstaben die Position auf dem dritten Buchstaben eine optimale Verarbeitung ermöglicht. Wenn man diese Untersuchungen aus der Sakkadenforschung vorsichtig auf unsere Augenbewegungen generalisiert und annimmt, daß die Zielposition der Augenbewegungen im Durchschnitt der dritte Buchstabe eines Wortes war, so müßten unbeachtete Reize um ca.  $1^\circ$  Gesichtsfeldwinkel weiter aus der Fovea in die Parafovea gerückt worden sein. Die Augenbewegungen haben also eine schlechtere physikalische Qualität der unbeachteten Reize und damit eine Erschwernis ihrer Verarbeitung zur Folge gehabt. Untersuchungen zum Zusammenhang von Sakkaden und dem Fokus der Aufmerksamkeit (Shepherd et al., 1986) konnten zeigen, daß gerichtete Augenbewegungen mit einer vorherigen Ausrichtung des Aufmerksamkeitsfokusses an die Zielposition der Augenbewegungen einhergehen. Diese Ergebnisse können nicht hundertprozentig auf die Augenbewegungen in diesem Experiment übertragen werden, da es sich im vorliegenden Experiment nicht um voll ausgebildete Sakkaden handelt. Die minimalen Augenbewegungen könnten aber eine Ausrichtung der Aufmerksamkeit zu der zu

beachtenden Seite und damit unser experimentelles Paradigma der Präsentation von beachteten und unbeachteten Wörtern unterstützt haben. Zusammenfassend werden die Ergebnisse des vorliegenden Experiments durch die detektierten Augenbewegungen nicht relativiert, sondern unterstützt, da der Nachweis eines EKP Korrelats für unbeachtete Wortverarbeitung durch die beobachteten Augenbewegungen erschwert worden sein sollte und trotzdem gelungen ist.

Bevor die Bedeutung der unterschiedlichen Wortverarbeitungseffekte diskutiert wird, muß überprüft werden, ob ausreichend Hinweise auf die erfolgreiche Aufmerksamkeitsmanipulation vorliegen. Die Diskussion behavioraler Experimente in der Einleitung zur aktuellen Untersuchung hat gezeigt, daß die Lokalisation des Aufmerksamkeitsfokusses und der Nachweis der räumlichen Nicht-Selektion der unbeachteten Wörter einen entscheidenden Einfluß auf die Interpretation sich anschließender Effekte hat. Der KAT-Effekt kann nur als Abbildung unbeachteter Wortverarbeitung diskutiert werden, wenn gezeigt werden kann, daß die Wörter auf der nicht zu beachtenden Bildschirmseite auch wirklich nicht beachtet wurden. Da durch das gewählte Go/NoGo Paradigma keine Reaktionszeiten für unbeachtete Wörter/beachtete ### vorliegen, kommt der P100 und N100 Analyse die entscheidende Bedeutung zu. Die statistischen Analysen zeigen gemeinsam mit der visuellen Inspektion eine Positivierung der contra-lateralen Elektroden, die in der P100 beginnt und bis über das Zeitfenster der N100 anhält. Das Anhalten der Positivierung bis tief in das N100 Zeitfenster hinein ist auch von Heinze et al. (1990) beobachtet worden. Die Positivierung ist im Zeitfenster der P100 noch zu klein, um Signifikanz zu erreichen. Die Analyse des N100 Zeitfensters ergibt aber einen sehr klaren Effekt. Es wird darauf hingewiesen, daß kein N100 Effekt durch die Analyse des N100 Zeitfensters verifiziert werden konnte, da eine N100 als Negativierung der contra-lateralen Elektroden auftreten würde (Heinze et al., 1990). Eine erhöhte Positivierung contra-lateraler Elektroden im Zeitfenster der P100 ist wiederholt beim Vergleich räumlich beachteter mit räumlich unbeachteten Reizen berichtet (z.B. Mangun & Hillyard, 1990) und als früher sensorischer Selektions- und Verstärkungsmechanismus interpretiert worden (Hillyard & Anllo-Vento, 1998). In diesem Zusammenhang unterstützen unsere Daten eine frühe Modulation sensorischen Inputs auf Grund räumlicher Aufmerksamkeit. Ein früher Filtermechanismus, der die Verarbeitung unselektierter Reize verhindert (Hansen & Hillyard, 1983; Treisman, 1988), kann jedoch nicht bestätigt werden. Im Gegensatz zu McCarthy & Nobre (1993) wurde keine Evidenz gefunden, daß ein Filtermechanismus auf der Basis der räumlichen Position eines Reizes die anschließende Verarbeitung verhindert hat. Die Modulation der P100 aufgrund räumlicher Aufmerksamkeit konnte bestätigt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstützen daher eher eine Interpretation der P100 als

Abbildung eines Modulationsfilters innerhalb eines Aufmerksamkeitskontinuums und nicht die eines Selektionsfilters.

Da gezeigt werden konnte, daß die Instruktion erfolgreich eine Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die „zu beachtenden Reize“ veranlaßt hat, kann eine Diskussion des KAT-Effektes im Vergleich zur N400 erfolgen. Im Vergleich der Effekte beachteter und unbeachteter Wörter wird besonderer Wert auf den Vergleich mit der in der Literatur beschriebenen N400 gelegt werden, da im vorliegenden Experiment der semantische Kategorisierungseffekt der beachteten Seite mit einer Reaktion konfundiert ist. Wie bereits im Methodenteil angesprochen, wird normalerweise in einem Go/NoGo Paradigma das mit einer Reaktion belastete EEG der Zielreize aus der Analyse herausgenommen. Im Interesse der Replikation bekannter Ergebnisse für beachtete Wortverarbeitung (Holcomb, 1993; Kutas & Iragui, 1998) wurde der Zielreiz in die Analyse mit aufgenommen. Im semantischen Kategorisierungseffekt der beachteten Wörter ist nun deutlich eine Überlagerung der N400 vor allem auf posterioren Elektroden durch die P3b zu erkennen (Donchin, 1981). Diese Positivierung tritt mit vergrößerter Amplitude für Reize auf, deren Erscheinen eine Handlung erfordert (Squires et al., 1975), wie dies beim Zielreiz im vorliegenden Experiment der Fall ist. Auch die zentro-parietale Verteilung der P3b entspricht der Diskussion in der Literatur (Sutton et al., 1965). Durch die Überlagerung der P3b und der N400 ist der Effekt der semantischen Kategorisierung besonders parietal stark vergrößert worden, was bereits bei einer visuellen Analyse der EKPs zu erkennen ist. Auf zentralen Elektroden ist eine erhöhte N400 für Wörter der Ablenkerkategorie klar unterscheidbar und bestätigt damit die in der Literatur beschriebenen Effekte (Kutas & Iragui, 1998). Aufgrund der Interaktion der N400 mit der P3b kann aber der insgesamt beobachtete Effekt nur bedingt als „typische“ N400 zum Vergleich mit dem KAT-Effekt herangezogen werden. Um eine Überschätzung des N400 Effekts zu vermeiden, wird der KAT-Effekt daher sowohl mit der N400 der beachteten Wörter im vorliegenden Experiment, als auch mit den in ihrer Amplitude kleineren, in der Literatur bis zu diesem Zeitpunkt replizierten N400 für semantische Kategorisierungsaufgaben verglichen werden.

Wie bereits angemerkt, unterscheiden sich der KAT-Effekt und die N400 sowohl in Topographie als auch in ihrer Latenz. Die durch visuelle Reize evozierte N400 tritt zentral und parietal auf (Kutas & Hillyard, 1984) und hat eine Gipfel-latenz von ca. 400 ms (Kounios & Holcomb, 1994). Eine visuell evozierte frontal verlagerte N400 ist ausschließlich für bildhafte Stimuli gezeigt worden (u.a. Holcomb & McPherson, 1994). Die Verteilung der KAT-Komponente ist aber klar fronto-zentral und entspricht daher in keinem Fall der N400 Komponente für Wortmaterial. In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß sowohl Fuentes et al. (1994) und Yamagata et al. (2000) auf die besondere Rolle frontaler

Mechanismen bei der Verarbeitung von unbeachteten Wörtern verwiesen haben, auch wenn eine frontale EKP Topographie nicht mit frontaler Kortexaktivierung gleichgesetzt werden kann. Fuentes, Carmona, Agis & Catena (1994) konnten in einem behavioralen Priming-Experiment zeigen, daß im Gegensatz zu beachtetem Priming, unbeachtetes Priming weder durch Maskierung noch shadowing des Primes beeinflusst wurde. Es wurde daraufhin gefolgert, daß unbeachteter Wortverarbeitung ein separater Mechanismus unterstellt sein muß und vermutet, daß der präfrontale Kortex eine Schlüsselrolle dabei spielen könnte. Auch Yamagata et al. (2000) konnten bei einem EEG-Experiment zum Wiederholungspriming für unbeachtete Wörter einen frontalen Effekt lokalisieren, der im Gegensatz zum parietalen Effekt für beachtete Wörter stand. Der KAT-Effekt kann deshalb von seiner topographischen Verteilung her in bereits publizierte Arbeiten eingegliedert werden.

Auch die Latenz des KAT-Effektes unterscheidet sich deutlich von der N400. Die N400 ist in ihrer Latenz als sehr robuster Effekt beschrieben worden, der unabhängig von der genutzten Modalität und Sprache um 400 ms nach Stimulusbeginn seinen Gipfel hat (Kutas & Van Petten, 1988). Der KAT-Effekt stellt sich aber als relativ später Effekt dar, der erst um 450 ms nach Stimulusbeginn stabil wird und verhältnismäßig lange andauert. Ein weiterer entscheidender Unterschied ist die Umkehrung der Negativierung im KAT-Effekt. Bereits in Kapitel 2 ist ausführlich darauf eingegangen worden, daß die N400 eine erhöhte Negativierung für Wörter aufweist, die im Kontext unerwartet sind (u.a. Holcomb & Neville, 1990; Kutas & Iragui, 1998; Kutas & Federmeier, 2000). Durch die Instruktionen wurden die Probanden ermutigt, für die Zielreizkategorie Erwartungen hinsichtlich der möglichen Kategorieexemplare aufzubauen (Neely, 1991). Dies führt dazu, daß im Allgemeinen, die Exemplare der Zielreizkategorie eher erwartet und leichter zu integrieren sind (Kutas & Iragui, 1998). Der daraus folgende Effekt hinsichtlich der N400 ist in der Literatur belegt und wird für die beachteten Wörter beobachtet: Eine erhöhte N400 Amplitude für Wörter der Ablenkerkategorie. Im Gegensatz dazu besteht der KAT-Effekt aus einer erhöhten Negativierung für Wörter der Zielreizkategorie.

Die funktionale Diskussion der Negativierung des KAT-Effektes ist zu diesem Zeitpunkt äußerst schwierig und spekulativ. Es läßt sich zwar eine gewisse Parallelität zu Studien feststellen, die für unbeachtetes Wiederholungspriming ebenfalls eine erhöhte Negativierung der wiederholten Wörter feststellen konnten (Otten et al., 1993; Yamagata et al., 2000), aber die Unterschiede im Versuchsparadigma und manipulierter sprachlicher Ebene sind so groß, daß umfassende Schlußfolgerungen zu diesem Zeitpunkt wenig angebracht scheinen. Zum derzeitigen Stand kann jedoch zusammengefaßt werden, daß aufgrund der Unterschiede in

Latenz, Topographie und Funktionalität des KAT-Effektes und der N400, Evidenz für unterschiedliche elektrophysiologische Korrelate für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung gefunden wurde. Diese Daten stützen die Schlußfolgerungen von Fuentes et al. (1994), die unterschiedliche Mechanismen für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung postulieren.

Die vorliegenden Ergebnisse scheinen auf den ersten Blick gegen frühe Selektionsmechanismen und für eine automatische Verarbeitung von Wörtern zu sprechen. Semantische Wortverarbeitung konnte unabhängig von räumlicher Aufmerksamkeit, reflektiert in der Modulation der P100 Amplitude, gezeigt werden. Ein Problem bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse innerhalb später Selektionsmodelle ist jedoch die unterschiedliche Verarbeitung beachteter und unbeachteter Wörter, die in keinem Modell vorausgesagt worden ist. Folgt man der Argumentation von Fuentes & Tudela (1992) (siehe auch Fuentes, Carmona, Agis & Catena, 1994; Ortells & Tudela, 1996) könnten für die beachtete Wortverarbeitung kontrollierte Prozesse und für die unbeachtete Wortverarbeitung automatische Prozesse ausschlaggebend sein. Bei einer automatischen Aktivierung unbeachteter Wörter sollte dann als Nebenfunktion der selektiven Aufmerksamkeitsprozesse ein aktiver Hemmungsmechanismus die Aktivierung der lexikalischen Einträge unbeachteter Wörter blockiert haben, da deren Aktivierung in Konflikt mit der Aufgabenstellung steht. In diesem Sinne könnte die „Umkehrung“ des KAT-Effekts eine Abbildung der Hemmung unbeachteter, aber trotzdem aktivierter Stimuli der Zielkategorie spiegeln, mit dem Ziel, falsche Reaktionen zu verhindern.

Die Deutung der aktuellen Ergebnisse als Abbildung einer automatischen Verarbeitung unbeachteter Wörter nach der Idee später Selektionsmodelle wirft einige Fragen auf. Eine einfache automatische Wortverarbeitung bis zur Identifikation (Duncan, 1980) wie sie von späten Selektionsmodellen propagiert wird, kann nicht allein die vorliegenden Ergebnisse erklären. Bei den durch den KAT-Effekt reflektierten Prozessen muß es sich aufgrund ihrer zeitlichen Struktur und der Tatsache, daß komplexe Kategorieninformationen genutzt werden, eher um post-lexikalische Prozesse handeln. Diese sind aber selbst nach späten Selektionstheorien von Aufmerksamkeit abhängig. Außerdem ist zu klären, welchen Einfluß Faktoren wie die Aufgabenstellung und Distraktorenwahl auf das Auftreten des KAT-Effektes haben, da vielfältige Lesestudien keine semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter zeigen konnten (für eine Zusammenfassung siehe Reichle et al., 1998). Es könnte bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter sehr wohl eine Rolle spielen, welche Information gleichzeitig im Fokus der Aufmerksamkeit verarbeitet werden muß. Dabei muß berücksichtigt werden, daß im vorliegenden Experiment beim Präsentieren unbeachteter Wörter im Fokus der Aufmerksam-

keit kein Wort, sondern eine bedeutungslose Maske präsentiert wurde. Dies ist ein Unterschied zu Lesestudien, die sowohl im Fokus als auch außerhalb des Fokusses Wörter präsentieren.

Das Ziel der folgenden Experimente war es daher, alle verwendeten Aufmerksamkeitsprozesse bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter zu detektieren und die entscheidenden experimentellen Faktoren zu analysieren, die unbeachtete Wortverarbeitung ermöglichen. Im folgenden Experiment sollte die Frage geklärt werden, ob der KAT-Effekt zumindest teilweise in einer bis zur Identifikation automatischen Wortverarbeitung seinen Ursprung hat.



## **Kapitel 4**

# **Experiment 2 - Der Einfluß der Aufgabenstellung**

### **4.1 Einleitung**

Die zugrundeliegende Fragestellung von Experiment 2 ist, ob der KAT-Effekt in Teilen automatische Verarbeitung unbeachteter Wörter reflektiert. Nachdem im vorherigen Experiment ein elektrophysiologisches Korrelat für unbeachtete semantische Wortverarbeitung gezeigt werden konnte (der KAT-Effekt), ist es nun wichtig, die den Effekt verursachenden Mechanismen und ihre Natur, insbesondere die involvierte Aufmerksamkeit zu determinieren.

Frühe und späte Selektionstheorien unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich des Zeitpunkts, an dem eine Selektion des Inputs propagiert wird, sondern auch hinsichtlich der bei der Verarbeitung vermuteten Prozeßmechanismen. Während in Modellen zur frühen Selektion (Treisman, 1988) die Rolle der selektiven Aufmerksamkeit als Filter von großer Bedeutung ist und damit vor allem kontrollierte Prozesse die visuelle Wortverarbeitung prägen, nehmen Modelle zur späten Selektion (Duncan, 1980) keine Notwendigkeit zur Selektion bis zur Wortidentifikation an. Hier ist die Wortverarbeitung in größeren Bereichen unabhängig von Aufmerksamkeit und automatischer Natur.

Wie kann nun überprüft werden, ob dem KAT-Effekt eine automatische oder kontrollierte Wortverarbeitung zugrunde liegt, ob Aufmerksamkeit an der Ausbildung des KAT-Effektes beteiligt oder nicht notwendig ist?

Die grundlegenden Definitionen des automatischen Prozesses beziehen sich auf seine Eigenschaften hinsichtlich der Aufmerksamkeit und der allgemeinen Ressourcen. Ein automatischer Prozeß ist von der willentlichen Richtung der Aufmerksamkeit, also von selektiver Aufmerksamkeit, die vom Individuum ausgeht,



unabhängig. Entweder benötigt ein automatischer Prozeß keine Aufmerksamkeit oder er zieht „automatisch“ alle Aufmerksamkeit auf sich, die zu seinem Ablauf nötig ist (Schneider et al., 1984). Ein automatischer Prozeß verringert daher nicht die allgemeinen Aufmerksamkeitsressourcen, die für kontrollierte Prozesse zur Verfügung stehen, seine Ressourcen selbst sind unbegrenzt (Schneider et al., 1984).

Wie bereits von Wijers (1989) angemerkt, sollte ein automatischer Prozeß unabhängig von anderen parallel laufenden Prozessen ablaufen, da diese, selbst wenn sie kontrollierter Natur sind, die Verarbeitungsressourcen automatischer Prozesse nicht beeinflussen. Auch Fuentes et al. (1994) werteten die mangelnde Interferenz eines Prozesses mit einem parallel laufendem shadowing als Hinweis für die automatische Natur desselben und für eine Beteiligung unterschiedlicher neuraler Strukturen innerhalb automatischer und kontrollierter Prozesse.

Von besonderer Wichtigkeit für die Unterscheidung zwischen frühen und späten Selektionstheorien ist der Bereich der prä-lexikalischen/lexikalischen Prozesse, die detailliert in Kapitel 1.2.2 dargestellt worden sind. Für diese Prozesse, die von der Merkmalsanalyse über die Buchstabenebene zur Wortidentifikation führen, werden sehr genaue und unterschiedliche Voraussetzungen bezüglich der involvierten Aufmerksamkeitsprozesse in den betreffenden Theorien gemacht. Die unbedingte Notwendigkeit von Aufmerksamkeit (Treisman, 1988) und die automatische Verarbeitung (Duncan, 1980) stehen sich gegenüber. Um die Natur des KAT-Effektes genauer bestimmen zu können, sollte experimentell überprüft werden, ob die Verarbeitung unbeachteter Wörter auf prä-lexikalischer/lexikalischer Ebene automatisch oder von Aufmerksamkeit abhängig ist. Wie schon festgestellt wurde, scheint ein räumlicher Selektionsmechanismus, gespiegelt durch die P100 Modulation, unter bestimmten Bedingungen nicht kritisch für die weitere Verarbeitung unbeachteter Wörter zu sein. Nun müssen die sich der räumlichen Selektion anschließenden Prozesse untersucht werden.

Diese Zielsetzung soll im folgenden Experiment durch eine Manipulation der Aufgabenstellung erreicht werden. Um die automatische Natur der beteiligten prä-lexikalischen/lexikalischen Prozesse an der Verarbeitung unbeachteter Wörter zu überprüfen, wurde eine zweite Aufgabe in das Experiment eingeführt, die genau auf diese Prozeßebene ausgerichtet war. Auf der Buchstabenebene sollte eine Detektionsaufgabe durchgeführt werden. Nach den meisten Wortverarbeitungsmodellen würde eine Buchstabendetektion ausschließlich auf Basis orthographischer Codes ohne Identifikation des Wortes stattfinden (Perfetti, 1999). Bei konnektionistischen Modellen wäre eine Aktivierung auf Wortebene durch die gleichzeitige Aktivierung von Wort- und Buchstabenebene nicht auszuschließen (u.a. Rumelhart & McClelland, 1982). Beide Modellarten sagen jedoch voraus, daß in

einer solchen Aufgabe keine post-lexikalischen Prozesse involviert sind. Wenn die Verarbeitung unbeachteter Wörter automatischer Natur ist, sollte keine Interferenz der Wortverarbeitung mit der Buchstabendetektion auftreten, falls jedoch begrenzte Aufmerksamkeitsressourcen in die Verarbeitung unbeachteter Wörter eingehen, sollte eine zweite Aufgabe die verfügbaren Ressourcen verkleinern und weitere Prozesse der Wortverarbeitung verhindern. Dies könnte sich z.B. in einer Verringerung oder Eliminierung des KAT-Effektes niederschlagen.

## 4.2 Methoden

### 4.2.1 Versuchspersonen

Da Experiment 1 und Experiment 2 zusammen durchgeführt wurden, ist die Probandengruppe mit der in Experiment 1 identisch.

### 4.2.2 Stimuli

Das präsentierte Material bestand aus 420 Wörtern. Kein Wort, das in Experiment 1 verwendet worden war, wurde in Experiment 2 verwendet. Die mittlere Wortlänge und Standardabweichung, die Größe und Schriftart waren identisch zu Experiment 1. Die Wortfrequenz variierte von 0 bis 65 Einträge pro Million ( $M = 3.53$ ;  $SD = 3.22$ ). Keine Bedingung variierte signifikant in Wortlänge

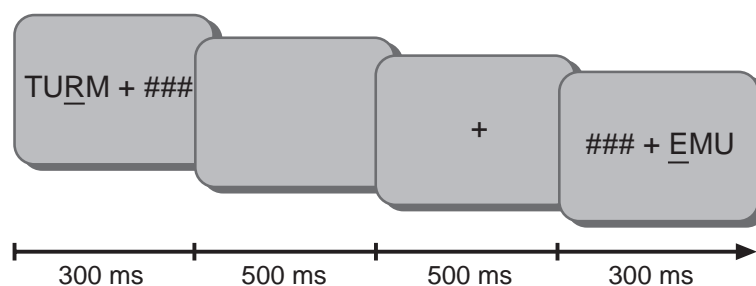


Abbildung 4.1: Beispiel eines Versuchsdurchlaufs in Experiment 2

oder Wortfrequenz von den anderen oder von Experiment 1. Die Wörter in Experiment 2 gehörten entweder zur Kategorie der „Tiere“ (140 Wörter) oder zu verschiedenen anderen Kategorien wie „Werkzeuge“, „Pflanzen“ oder „Gebäude“ (280 Wörter). In jedem Wort war ein Buchstabe an unterschiedlichen Positionen

im Wort unterstrichen. In 50% der Fälle war dies der Buchstabe „E“, in den anderen 50% ein zufällig gewählter anderer Buchstabe (siehe Abbildung 4.1). Die Präsentation, die Gartenzäune (# # #) und die Zeitparameter waren identisch zu Experiment 1.

### 4.2.3 Durchführung

Die Probanden führten Experiment 2 nach Experiment 1 durch. Die Probanden wurden instruiert, bei jedem Wort, das auf der beachteten Bildschirmseite präsentiert wurde, zu entscheiden, ob es zur Kategorie der Tiere gehört und ein unterstrichenes E enthält. Alle anderen Parameter waren identisch mit Experiment 1.

### 4.2.4 EEG-Messung und Datenanalyse

Die EEG-Messung war identisch mit Experiment 1. Im Durchschnitt wurden 15% der Reize von der Analyse ausgeschlossen. Bei der Datenanalyse wurde in Orientierung zu den Ergebnissen in Experiment 1 zur Identifikation des KAT-Effektes ein Zeitfenster von 450 ms bis 950 ms gewählt.

Bedingt durch das Versuchsdesign (Go/NoGo) ist eine vollständige Analyse über alle Bedingungen nicht sinnvoll. Wie in Experiment 1 bereits angesprochen, sollte die Zielreizbedingung, die mit einer Reaktion konfundiert ist, nicht mit Bedingungen verglichen werden, die mit keiner Reaktion verbunden sind. In Experiment 1 stellte die Einbeziehung der Zielreizbedingung die einzige Möglichkeit dar, die durch den Faktor KATEGORIE erzeugten Effekte zu analysieren. Dieses Problem trat jedoch im zweiten Experiment durch die erhöhte Anzahl der Bedingungen nicht auf, so daß in den Analysen nur die Ablenkerbedingungen miteinander verglichen werden, die den zu analysierenden Faktor möglichst störungsfrei vom Einfluß der anderen Faktoren abbilden.

Für die Analyse der Effekte des Faktors KATEGORIE (Ziel- vs. Ablenkerkategorie) im Zeitfenster der N400 wurden daher die Bedingungen D1, D6, D3 und D4 mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort (ART) und dem fünffach gestuften Wiederholungsfaktor Roi (ROI) untersucht. Eine genaue Beschreibung der Bedingungen findet sich in der Tabelle 4.1.

Da in Experiment 1 für die unbeachteten Wörter ein Effekt des Faktors KATEGORIE in einem Zeitfenster von 450 ms bis 950 ms gefunden wurde, wurde für die Bedingungen D3 und D4 zusätzlich eine Analyse über dieses Zeitfenster mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor Ziel-/Ablenkerkategorie (KATEGORIE) und

Tabelle 4.1: *Beschreibung und Kodierung der im Experiment 2 benutzten Ablenkreize*

Bedingungen	Aufmerksamkeits-Status	Kategorie	Unterstrichener Buchstabe
<b>D1</b>	beachtetes Wort	Ziel	Nicht E
<b>D2</b>	unbeachtetes Wort	Ziel	E
<b>D3</b>	unbeachtetes Wort	Ziel	Nicht E
<b>D4</b>	unbeachtetes Wort	Ablenker	Nicht E
<b>D5</b>	unbeachtetes Wort	Ablenker	E
<b>D6</b>	beachtetes Wort	Ablenker	Nicht E
<b>D7</b>	beachtetes Wort	Ablenker	E

dem fünffach gestuften Wiederholungsfaktor Roi (ROI) durchgeführt, um einen möglichen KAT-Effekt zu identifizieren.

Obwohl die durch die Buchstabenidentifikation erzeugten Effekte nicht im Zentrum unseres Interesses lagen, wurde der Vollständigkeit halber auch eine Analyse der Ablenkerbedingungen D4, D5, D6 und D7 mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor unterstrichenes E/Nicht E (BUCHSTABE), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort (ART) und dem fünffach gestuften Wiederholungsfaktor Roi (ROI) in dem Zeitfenster der N400 durchgeführt.

Die Analyse der Augenbewegungen für die EOGH Elektrode wurde im N400 und KAT Zeitfenster mit dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor ART (Bedingungen D6 vs. D4) separat für jede beachtete Bildschirmseite durchgeführt. Alle berichteten statistischen Analysen wurden, wenn notwendig, nach Geisser & Greenhouse (1959) korrigiert.

## 4.3 Ergebnisse

### 4.3.1 Behaviorale Daten

Wie in Experiment 1 sind auch in Experiment 2 aufgrund des verwendeten Go/No-Go Paradigmas nur Reaktionszeiten für die korrekt erkannten Zielreize vorhanden ( $M = 637.5$  ms;  $SD = 33.5$  ms). Daher konnte nur eine Analyse des Einflusses der beachteten Seite (SEITE) vorgenommen werden. Der t-Test ergab keinen signifikanten Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen rechts und links fokussierter

Aufmerksamkeit ( $t[22.4] = -0.82$ ;  $p > .4$ ). Der mittlere Prozentsatz der korrekt erkannten Zielreize lag bei 79.7% ( $SD = 8.2$ ). Auch hier wurde ein t-Test durchgeführt, um den Einfluß der beachteten Seite (SEITE) zu analysieren. Kein signifikanter Unterschied zwischen links und rechts fokussierter Aufmerksamkeit wurde in den % korrekt erkannter Zielreize gefunden ( $t[30] = -1.70$ ;  $p > .09$ ). Die % korrekt abgelehnter Distraktorreize lagen bei über 99 % und wurden aufgrund der beschränkten Aussagekraft nicht weiter ausgewertet. Im Folgenden wird der Prozentsatz der korrekt erkannten Zielreize als % korrekt bezeichnet.

Experiment 2 war so konzipiert worden, daß die zusätzliche Aufgabenstellung einen erhöhten Schwierigkeitsgrad erzeugen sollte. Um den Erfolg der vorgenommenen Manipulation zu überprüfen, wurden Reaktionszeiten und % korrekt für Experiment 1 und 2 miteinander verglichen. Eine ANOVA mit dem Gruppenfaktor SEITE und dem Wiederholungsfaktor EXPERIMENT (Exp. 1 vs. Exp. 2) ergab keine signifikant unterschiedlichen Reaktionszeit für Experiment 1 und 2 ( $p > .3$ ), im Gegenteil, die mittleren Reaktionszeiten in Experiment 2 lagen 5 ms unter denen in Experiment 1. Eine parallele Analyse der % korrekt ergab einen signifikant höheren Prozentsatz korrekt erkannter Zielreize für Experiment 2 im Vergleich zu Experiment 1 ( $F[1,30] = 22.58$ ;  $p < .001$ ). In Experiment 2 wurden ca. 8% mehr Zielreize erkannt als in Experiment 1.

### 4.3.2 EEG Daten

Um zu überprüfen, ob die Instruktionen tatsächlich zu einer ausschließlichen Beachtung einer Bildschirmseite geführt haben, wurden die P100 und N100 Komponenten wie in Experiment 1 analysiert. Eine Darstellung der Komponenten findet sich in Abbildung 4.2. Im Zeitfenster der P100 wurde der Faktor ELEKTRODENPOSITION signifikant ( $F[1, 30] = 4.27$ ;  $p < .05$ ). Die signifikant erhöhte Positivierung für contralaterale Elektroden persistierte bis ins Zeitfenster der N100 ( $F[1, 30] = 6.30$ ;  $p < .01$ ). Eine ANOVA mit den Faktoren KATEGORIE (Ziel- vs. Ablenkerkategorie), ART (beachtete Wörter/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtete Wörter) und SEITE (rechts vs. links) im Zeitfenster der N400 ergab signifikante Haupteffekte der Faktoren ART ( $F[1,30] = 11.64$ ;  $p < .001$ ) und KATEGORIE ( $F[1,30] = 8.73$ ;  $p < .006$ ) und eine signifikante Interaktion von ART mit KATEGORIE ( $F[1,30] = 9.32$ ;  $p < .004$ ). Daher wurden separate Analysen über beachtete und unbeachtete Wörter gerechnet (für eine Darstellung der EKP Effekte siehe Abbildung 4.3. Für beachtete Wörter wurde ein signifikanter Haupteffekt für KATEGORIE ( $F[1,30] = 13.14$ ;  $p < .001$ ) gefunden. Für unbeachtete Wörter wurde kein signifikanter Haupteffekt oder eine Interaktion mit KATEGORIE gefunden ( $p > .1$ ).

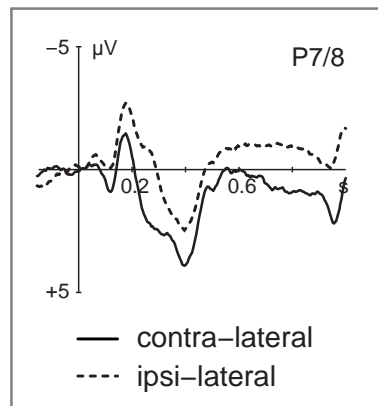


Abbildung 4.2: Experiment 2. P100 und N100 Komponente für contra- und ipsilaterale Elektroden auf der kombinierten P7/8 Elektrode.

Die zusätzliche Analyse des Faktors KATEGORIE (Ziel- vs. Ablenkerkategorie) im Zeitfenster des KAT-Effektes ergab ebenfalls keinen signifikanten Haupteffekt oder eine Interaktion mit KATEGORIE ( $p > .2$ ).

Die Analyse des E-Effekts, d.h. des Effekts der Buchstabendetektionsaufgabe, im Zeitfenster der N400 ergab keinen signifikanten Haupteffekt des Faktors BUCHSTABE ( $p > .06$ ). Da die dreifache Interaktion von ART, BUCHSTABE und ROI signifikant wurde ( $F[4,120] = 3.36$ ;  $p < .02$ ; G.-G.ε: .7940), wurden separate Analysen der Rois durchgeführt, um einen möglicherweise lokalen E-Effekt nicht zu übersehen. Ausschließlich im Roi PR (Parietal Rechts) wurde eine signifikante Interaktion von ART mit BUCHSTABE gefunden ( $F[1,30] = 9.96$ ;  $p < .003$ ). Die anschließenden separaten Analysen für beachtete und unbeachtete Wörter im Roi PR ergaben keinen signifikanten Effekt des Faktors BUCHSTABE ( $p > .1$ ).

Alle Versuchspersonen wurden hinsichtlich der Richtung der Augenbewegungen inspiziert. Bei allen Versuchspersonen und Bedingungen wurden minimale Augenbewegungen zur beachteten Seite hin visuell festgestellt (siehe Abbildung 4.4). Die statistischen Analysen der Augenbewegungen auf der EOGH Elektrode ergaben einen signifikanten Effekt des Faktors ART für beide beachteten Seiten im N400 Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 48.43$ ;  $p < .001$ ; Rechts:  $F[1,15] = 12.57$ ;  $p < .002$ ) und im KAT Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 22.69$ ;  $p < .001$ ; Rechts:  $F[1,15] = 12.47$ ;  $p < .003$ ), d.h., daß wiederum die Augenbewegungen signifikant größer ausfielen, wenn ein beachtetes Wort und nicht beachtete # # # präsentiert wurden. Daher wurde auf einen direkten Vergleich der durch beachtete und unbeachtete Wörter generierten EEGs verzichtet, um nicht den Faktor der Aufmerksamkeitsmanipulation mit unterschiedlichen visuellen Feldern zu konfundieren.

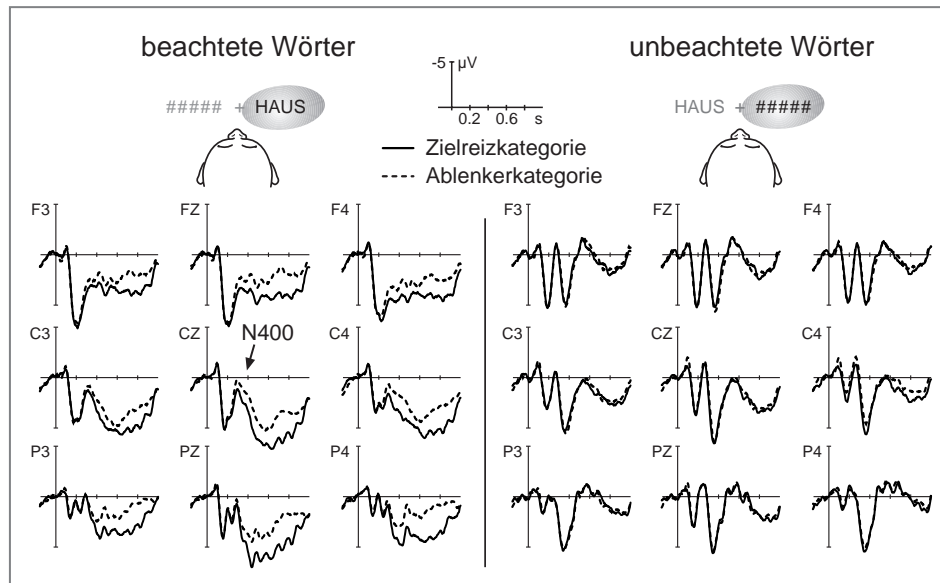


Abbildung 4.3: Experiment 2. Vergleich der Zielreiz- (Tiere) und Ablenkerkategorie (Nicht-Tiere) für beachtete und unbeachtete Wörter auf ausgewählten Elektroden.

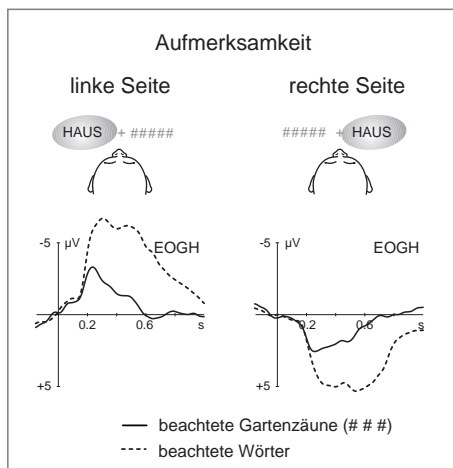


Abbildung 4.4: Experiment 2. Darstellung der Augenbewegungen für Aufmerksamkeitsfokussierung auf die rechte und linke Bildschirmseite und beachtete Wörter und beachtete Gartenzäune (###).

## 4.4 Diskussion

Die Manipulation der Aufgabenstellung in Experiment 2 verursachte die Auslöschung des elektrophysiologischen Korrelats der semantischen Kategorisation unbeachteter Wörter (KAT-Effekt). Dies bedeutet, daß die Interferenz semantischer Verarbeitung mit prä-lexikalischer Buchstabendetektion bei unbeachteten Wörtern in einem elektrophysiologischen Verlauf resultiert, der keinerlei Nachweis eines post-lexikalischen semantischen Verarbeitungsprozesses enthält.

Für beachtete Wörter konnte wie in Experiment 1 eine für die Ablenkerkategorie erhöhte N400 gezeigt werden, wie sie bereits wiederholt in der Literatur berichtet wurde (z.B. Kutas & Iragui, 1998). Da im vorliegenden Experiment die N400 für beachtete Wörter nicht mit einer Reaktion konfundiert ist, weist sie einen typischen Verlauf mit einem Beginn um 300 ms und einem rechts-parietalen Maximum auf (Kutas & Hillyard, 1984). Ein elektrophysiologisches Korrelat der Buchstabendetektion wurde für die beachteten Wörter nicht nachgewiesen, obwohl die behavioralen Daten klar erkennen lassen, daß die Probanden fähig waren, die zwei kombinierten Aufgaben zu lösen. Die Buchstabendetektion würde normalerweise in einer höheren Negativierung für Ablenkreize im Vergleich zu Zielreizen im Zeitbereich von 300 bis 500 ms nach Stimulusbeginn resultieren (Ziegler, Besson, Jacobs, Nazir & Carr, 1997). Allerdings wurden diese Effekte nur bei isolierten Buchstabendetektions-Aufgaben berichtet. Da die Buchstabendetektion hier mit einer weiterführenden semantischen Wortverarbeitung konfundiert ist und beide Prozesse sich im gleichen Zeitfenster im EEG manifestieren, kann nicht ausgeschlossen werden, daß die tiefergehende Aufgabe der semantischen Verarbeitung die Effekte der Buchstabendetektion überschrieben hat. Für unbeachtete Wörter konnte kein elektrophysiologisches Korrelat der semantischen Kategorisierung gezeigt werden. Damit ist in Experiment 2 kein experimenteller Nachweis der Verarbeitung unbeachteter Wörter möglich. Aufgrund dieser Ergebnisse ist es unwahrscheinlich, daß eine automatische prä-lexikalische Verarbeitung unbeachteter Wörter dem KAT-Effekt zugrunde liegt, wie dies von späten Selektionsmodellen (u.a. Duncan, 1980) oder z.B. Fuentes et al. (1994) propagiert wird. Die Interferenz zwischen der prä-lexikalischen Zweitaufgabe und dem KAT-Effekt für unbeachtete Wörter legt die Vermutung nahe, daß der KAT-Effekt auf einem kontrollierten prä-lexikalischen Prozeß beruht. Dieser wäre dann in seinen Ressourcen limitiert und von Aufmerksamkeit abhängig (Schneider et al., 1984).

Die bisherigen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Eine Verarbeitung unbeachteter Wörter kann im EEG unabhängig von einer räumlichen Selektion gezeigt werden. Dies widerspricht der Annahme, daß räumliche Selektion zur Identifikation eines Wortes notwendig ist (Treisman, 1988) oder generell die P100 Modulation einen absoluten Filtermechanismus darstellt (Han-



sen & Hillyard, 1983). Die sich der räumlichen Selektion anschließenden prälexikalischen Verarbeitungsprozesse sind nicht automatischer Natur, sondern interagieren mit der Aufgabenstellung und sind daher wahrscheinlich von Aufmerksamkeit abhängig. Besonders für prälexikalische Prozesse bei der unbeachteten Wortverarbeitung gilt, daß sie nur beschränkte Aufmerksamkeitsressourcen zur Verfügung zu haben scheinen. Dies wird dadurch deutlich, daß die postlexikalische Wortverarbeitung unbeachteter Wörter bei erhöhten Anforderungen an die prälexikalische Verarbeitung nicht mehr nachzuweisen ist. In diesem Zusammenhang ist wichtig, daß die „Überlastung“ prälexikalischer Prozesse durch die doppelte Aufgabenstellung nur für die Verarbeitung unbeachteter Wörter auftritt und diese Aufgabenstellung für beachtete Wörter problemlos gelöst werden kann.

Die Ergebnisse können zum Teil in Einklang mit Befunden gebracht werden, die die Verarbeitung unbeachteter Wörter nur dann annehmen, wenn diese von den Aufmerksamkeitsressourcen der Verarbeitung beachteter Wörter profitieren (Broadbent & Gathercole, 1990) und daher durch sehr beschränkte Aufmerksamkeitsressourcen gekennzeichnet sind. Die möglichst genaue Voraktivierung der gesuchten Reize im mentalen Lexikon erleichtert dabei die Identifikation von unbeachteten Reizen, indem es eine Identifikation auf der Basis einfacher übereinstimmender Merkmale ermöglicht. Bei einer doppelten Aufgabenstellung wie in Experiment 2 ist entweder aufgrund der hohen Permutationsmöglichkeiten kein genügend konkretes Erwartungsmuster für die unbeachteten Reize erstellbar oder die verfügbaren Aufmerksamkeitsressourcen sind nicht hoch genug, um zwei parallele Identifikationen zu ermöglichen. Leider konnte auch für die beachteten Wörter kein elektrophysiologisches Korrelat der Buchstabendetektion gefunden werden. Da die unbeachtete Wortverarbeitung nicht aufgrund behavioraler Daten abgeleitet werden kann, ist es daher unmöglich, eine Feststellung über die vollzogene oder fehlende Buchstabendetektion für unbeachtete Wörter zu treffen. Dies hätte es ermöglicht, genauere Aussagen darüber zu treffen, ob Buchstabendetektion und Wortverarbeitung unbeachteter Wörter bei doppelter Aufgabenstellung abgebrochen werden oder vielleicht die Buchstabendetektion vollständig durchgeführt wird.

Die Annahmen von Broadbent & Gathercole (1990) über die Verarbeitung unbeachteter Wörter umgehen das Problem früherer Selektionstheorien (Treisman & Gelade, 1980) eine Verarbeitung räumlich unbeachteter Wörter zu erklären, indem sie einfach den Schritt der Zusammensetzung von Merkmalen zu vollständigen Wörtern aus dem Identifikationsprozeß herausnehmen. Problematisch für das aktuelle Experiment scheint jedoch die Annahme, daß bei einer solch großen Anzahl von möglichen Objekten wie sie durch eine Kategorie wie „belebt“ vorgegeben werden, tatsächlich eine Voraktivierung eines großen Anteils dieser Gruppe

in dem Maße möglich wäre, daß einzelne Merkmale zur Identifikation ausreichen. Auch ist noch einmal zu bedenken, daß gerade Buchstaben sehr viele Überschneidungen der beteiligten Merkmale aufweisen und damit ein sehr ungünstiges Material zur Identifikation auf Basis losgelöster Merkmale darstellen. Schließlich untersuchten Broadbent & Gathercole (1990) unbeachtete Wortverarbeitung nur bei gleichzeitiger beachteter Wortverarbeitung, so daß unbeachtete und beachtete Wortverarbeitung im gleichen Zeitfenster stattfanden und sich gegenseitig beeinflussen konnten. Dies ist in den Experimenten 1 und 2 nicht der Fall gewesen: Eine Präsentation eines beachteten Zielreizes hat so weder eine Erleichterung eines zur gleichen Zeit präsentierten unbeachteten Wortes der gleichen, noch eine Inhibition eines unbeachteten Wortes einer anderen Kategorie zur Folge gehabt. Dies könnte darauf hinweisen, daß in diesem Fall eine lexikalische Voraktivierung durch Priming Prozesse weniger entscheidend für die Verarbeitung unbeachteter Wörter ist.

Als relativ problematisch in der Interpretation stellen sich die behavioralen Daten in Experiment 2 im Vergleich zu Experiment 1 dar. Die Intention der Manipulation der Aufgabenstellung lag in der Erhöhung der Komplexität der prälexikalischen Verarbeitung der kombinierten Aufgabe, so daß als Reflexion dieser erhöhten Komplexität sowohl höhere Reaktionszeiten als auch geringere % korrekt der Zielreizerkennung angenommen wurden. Die behavioralen Daten zeigten aber keine Effekte in den Reaktionszeiten und sogar eine bessere Performanz in Experiment 2 hinsichtlich der % korrekt.

Es ist naheliegend, die behavioralen Ergebnisse auf Unterschiede im verwendeten Stimulusmaterial zurückzuführen. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, daß das Stimulusmaterial zwischen Experiment 1 und 2 verändert werden mußte, da die zwei Experimente hintereinander mit den selben Probanden durchgeführt wurden. Viele Studien haben verkürzte Reaktionszeiten und niedrigere Fehlerwerte in Kategorisierungsaufgaben gezeigt, wenn besonders „typische“ mit weniger „typischen“ Mitgliedern einer Kategorie verglichen werden mußten (Fujihara, Nageishi, Koyama & Nakajima, 1998; Heinze, Münte & Kutas, 1998). „Typikalität“ wurde dabei als Anteil der Ähnlichkeit zwischen einem Mitglied und dem Prototyp der Kategorie definiert. Da die in Experiment 1 und 2 verwendeten Kategorien (belebt/Tiere) eine gewisse Überschneidung aufweisen und die Kategorie „Tiere“ in engerem Sinne eine Unterkategorie der Kategorie „belebt“ darstellt, kann vermutet werden, daß die Zielreize in Experiment 1 (belebt) aus untypischeren Mitgliedern zusammengestellt sein könnten als die Zielreize in Experiment 2 (Tiere). Dies würde die behavioralen Daten erklären, hätte aber im Prinzip auch Auswirkungen auf die EKPs haben können.

So ist zum Beispiel gezeigt worden, daß atypische Mitglieder einer Kategorie im Vergleich zu typischen Mitgliedern eine erhöhte N400 aufweisen und Ablenkerstimuli, die gemeinsame Merkmale mit Mitgliedern der Zielreizkategorie teilen, eine verringerte N400 Amplitude aufweisen (Fujihara et al., 1998; Heinze et al., 1998). Da Auswirkungen der Typikalität auf elektrophysiologische Korrelate innerhalb der Zeitfenster der N400 und des KAT-Effektes nicht auszuschließen sind, muß die Typikalität der untersuchten Kategorien post-hoc festgestellt und anschließend experimentell manipuliert werden, um Konfundierungen der unbeachteten Wortverarbeitung mit Typikalitätseffekten auszuschließen.

## **Kapitel 5**

# **Einschub: Typikalitätsrating der Experimente 1 und 2**

### **5.1 Einleitung**

Neben der Frequenz und der Bildhaftigkeit beeinflusst auch die Typikalität eines Stimulus, d.h. die Übereinstimmung mit dem Prototyp der Kategorie, die Verarbeitung von Wörtern. Innerhalb von Kategorien gibt es Mitglieder, die als gute, typische Vertreter einer Kategorie gewertet werden. Diese werden schneller und mit weniger Fehlern den betreffenden Kategorien zugeteilt als atypische Mitglieder (Posner & Keele, 1968). Auch die N400, ein elektrophysiologisches Korrelat der Sprachverarbeitung, wird durch die Typikalität eines Stimulus beeinflusst. Ein untypisches Mitglied einer Kategorie weist im Vergleich zu einem typischen Mitglied eine vergrößerte N400 Amplitude auf (Fujihara et al., 1998). Der Faktor „Typikalität“ ist weder in Experiment 1 noch in Experiment 2 kontrolliert worden, so daß nicht sichergestellt werden konnte, daß innerhalb der zwei Zielreizkategorien der zwei Experimente gleich typische Mitglieder identifiziert werden mußten. Behaviorale Daten weisen darauf hin, daß ein systematischer Typikalitätseffekt vorliegen könnte, d.h., daß die Zielreize in Experiment 2 insgesamt typischer für ihre Kategorie sein könnten als die Zielreize in Experiment 1. Um diese Vermutung post-hoc zu überprüfen und daraus Schlußfolgerungen für die Interpretation der Ergebnisse in Experiment 1 und 2 schließen zu können, wurde eine Bewertung der Typikalität jedes einzelnen Stimulus aus Experiment 1 und 2 durch eine Fragebogenerhebung vorgenommen.

## 5.2 Methoden

### 5.2.1 Versuchspersonen

26 Probanden wurde ein Fragebogen vorgelegt. Zwei Versuchspersonen wurden vor Beginn der Analysen ausgeschlossen, da sie entweder angaben, den Fragebogen nicht verstanden zu haben oder durchgängig für alle Items des Fragebogens einen einzigen Wert angaben. Damit wurden 24 Probanden in die Analysen aufgenommen. Das Durchschnittsalter dieser Probanden betrug 25.13 Jahre ( $SD = 2.80$ ), 13 Probanden waren weiblich. Alle Probanden waren deutsche Muttersprachler und wurden für ihre Teilnahme bezahlt.

### 5.2.2 Stimuli

Der Fragebogen (siehe Anhang A) enthielt alle 140 in Experiment 2 enthaltenen Wörter der Kategorie „Tiere“ und 140 Wörter der Kategorie „belebt“. In den 140 Wörtern der Kategorie belebt waren die 70 in Experiment 1 benutzten Wörter der Kategorie „belebt“ und 70 zusätzliche Wörter enthalten. Die Wörter wurden in zufälliger Reihenfolge in geschlossenen Zehnerblocks einer zu beurteilenden Kategorie präsentiert. Blocks der Kategorie „belebt“ und „Tiere“ wechselten sich ab.

### 5.2.3 Durchführung

Die Aufgabenstellung wurde auf einem Deckblatt für die Probanden erläutert. Die aufgrund ihrer Typikalität einzuschätzenden Kategorien wurden vorgestellt. Um den Probanden ein konkretes Bild dieser Kategorien zu vermitteln und gleichzeitig ein internes Maß zu erstellen, wurden die Probanden auf dem Deckblatt aufgefordert, schriftlich je 5 „typische“ Mitglieder jeder Kategorie aufzuschreiben. Anschließend wurde die Beurteilungsskala vorgestellt, die von 1 (sehr typisch) bis 5 (sehr wenig typisch) reichte. Ohne Zeitdruck sollten die Probanden danach alle 280 Items schriftlich bewerten, wobei die zu beurteilende Kategorie und die Benennungen der Extrempunkte der Skala immer über jedem Itemblock angegeben waren.

### 5.2.4 Datenanalyse und Ergebnisse

Verschiedene Varianzanalysen wurden durchgeführt. Als erstes wurde eine Varianzanalyse mit dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor KATEGORIE (Tiere vs. Belebte Objekte) durchgeführt, die einen signifikanten Unterschied zwischen den zwei Kategorien in der Einschätzung der Typikalität ihrer Mitglieder

aufzeigte ( $F[1, 23] = 20.94; p < .001$ ). Der mittlere Typikalitätswert für Tiere betrug 2.07 ( $SD = 0.72$ ), der für belebte Objekte 2.82 ( $SD = 0.67$ ). In diesem Vergleich waren jedoch nicht die Gruppen miteinander verglichen worden, die tatsächlich in Experiment 1 und 2 präsentiert wurden, sondern eine doppelt so hohe Anzahl an belebten Objekten. Daher wurden die 70 in Experiment 1 präsentierten belebten Objekte in einer weiteren Varianzanalyse mit den 140 in Experiment 2 gezeigten Tieren verglichen. Der Faktor KATEGORIE wurde wiederum signifikant ( $F [1, 23] = 21.08; p < .001$ ), der mittlere Typikalitätswert für die belebten Objekte betrug dabei 2.80 ( $SD = 0.64$ ) und war damit signifikant geringer als der für die Tiere.

### 5.3 Diskussion

Die post-hoc Analyse des Faktors „Typikalität“ in Experiment 1 und 2 ergab eine im Mittel signifikant niedrigere Typikalität der Zielreizstimuli in Experiment 1. Durch diese Unterschiede sind die unabhängig von der komplexer werdenden Aufgabenstellung in Experiment 2 stabil gebliebenen Reaktionszeiten und deutlich verbesserten % korrekt als Effekte einer erleichterten Kategorisierung interpretierbar. Es kann also nicht davon ausgegangen werden, daß sich die Kategorisierungsaufgaben in Experiment 1 und 2 in ihrem Schwierigkeitsgrad entsprechen haben. Um dennoch den Nachweis einer unbeachteten semantischen Wortverarbeitung und des Fehlens einer solchen bei Integration einer Zweitaufgabe zu erbringen und die diskutierten Schlußfolgerungen zu stützen, wurde im folgenden Experiment eine Manipulation der Typikalitätswerte mit den bereits erfolgten Aufgabenmanipulationen umgesetzt. Die Replikation der in Experiment 1 und 2 produzierten Ergebnisse mit unterschiedlich typischen Zielreizmitgliedern sollte auch im Zusammenhang der Diskussion um die Verarbeitung unbeachteter Wörter anhand ihrer lexikalischen Voraktivierung (Broadbent & Gathercole, 1990) von Bedeutung sein.



## **Kapitel 6**

# **Experiment 3 und 4 - Typikalität oder Aufgabenstellung?**

### **6.1 Einleitung**

Die bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Experimente haben einen Einblick in die Verarbeitung unbeachteter Wörter gegeben und sowohl die Möglichkeiten als auch die Beschränkungen gezeigt, denen dieser Prozeß unterliegt. Auch wenn unter bestimmten Bedingungen ein elektrophysiologisches Korrelat der semantischen Verarbeitung räumlich unbeachteter Wörter gezeigt und damit einer zwingenden Koppelung räumlicher Selektion und weitergehender Wortverarbeitung (McCarthy & Nobre, 1993) widersprochen wurde, so hat doch Experiment 2 auch die Annahme einer absolut automatisch ablaufenden Wortverarbeitung unbeachteter Wörter nicht unterstützen können.

Weiter verkompliziert wurde die genaue Interpretation der Ergebnisse aus Experiment 2 durch die Tatsache, daß ein unterschiedlicher, nicht kontrollierter Einfluß der Typikalität in den behavioralen Ergebnissen der zwei Experimente enthalten ist und nicht genau bestimmt werden konnte, inwieweit sich die unterschiedliche Typikalität der Mitglieder der Zielreizkategorie auch auf die EKPs ausgewirkt haben könnte. Daher erschien die Wiederholung der Experimente 1 und 2 mit umgekehrten Zielreizkategorien und entsprechend umgekehrten Typikalitätswerten als logische Fortsetzung der Experimentalreihe. Diese Wiederholung sollte es nicht nur erlauben, den KAT-Effekt zu replizieren und seine Unabhängigkeit von der verwendeten Zielreizkategorie und ihrer Typikalität herauszustellen, sondern könnte auch die Bedeutung der Aufgabenstellung im Vergleich zur Typikalität sowohl für behaviorale als auch für EKP Daten deutlich machen.



Ein Einfluß der benutzten Zielreizkategorie und damit verbunden der Typikalität ihrer Mitglieder auf den KAT-Effekt würde jene Annahmen unterstützen, die unbeachtete Wortverarbeitung auf einen Priming Mechanismus durch den Kategorienamen und eine sich anschließende Identifikation auf der Merkmalsebene zurückführen (Broadbent & Gathercole, 1990). Die Voraussetzung einer solchen Identifikation eines unbeachteten Wortes aufgrund einzelner Merkmale ohne die wirkliche „Zusammenfügung“ zu einer Worteinheit ist ja nur dann überhaupt möglich, wenn eine möglichst genaue Erwartungshaltung bezüglich einzelner Wörter und ihrer genauen Gestalt inklusive der enthaltenen Merkmale existiert. Umso genauere Voraussagen der gesuchten Wörter auf der Merkmalsebene gemacht werden können, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, diese Wörter auch ohne räumliche Aufmerksamkeit zu identifizieren. Daher sollte eine erhöhte Typikalität der Mitglieder einer Kategorie dazu führen, daß mehr unbeachtete Wörter identifiziert und weiterverarbeitet werden können. Die erhöhte Identifikation unbeachteter Wörter sollte sich in einem elektrophysiologischen Korrelat niederschlagen und deshalb nachweisbar sein. Auf der anderen Seite würde eine Unabhängigkeit der unbeachteten Wortverarbeitung von den Typikalitätswerten der Zielreize den Einfluß der Aufgabenstellung stärken.

In den folgenden Experimenten soll unabhängig von der Typikalität der Mitglieder der Zielreizkategorie gezeigt werden, daß der KAT-Effekt als Reflexion post-lexikalischer Kategorisierungsprozesse unbeachteter Wörter auftritt. Es soll außerdem gezeigt werden, daß dieser Effekt abhängig von der Aufgabenstellung auftritt und daher nicht allein auf lexikalisches Priming zurückgeführt werden kann, sondern auch die Frage nach Aufmerksamkeitsressourcen gestellt werden muß.

Um zu garantieren, daß die in Experiment 3 und 4 gewählten Kategorien trotz veränderter Stimulusanzahl in ihrer Typikalität denen aus Experiment 1 bzw. Experiment 2 entsprechen, wurde eine statistische Überprüfung der Typikalität der Experimente durchgeführt, indem die durch ein Typikalitätsrating (siehe Kapitel 3) erhobenen Einschätzungen verglichen wurden. Die statistischen Analysen ergaben keinen signifikanten Unterschied ( $p > .1$ ) zwischen der eingeschätzten Typikalität von Experiment 1 und 4 oder Experiment 2 und 3. Wie bereits in Experiment 1 und 2 (siehe Kapitel 3) unterschieden sich auch bei Experiment 3 und 4 die Typikalität der verwendeten Stimuli ( $F[1, 23] = 17.90; p < .001$ ), der Mittelwert für die Kategorie „Tiere“ (Experiment 3) lag bei 2.08 ( $SD = 0.79$ ), der für die Kategorie „belebte Objekte“ (Experiment 4) bei 2.83 ( $SD = 0.67$ ). Damit wird in den folgenden Experimenten eine hohe bzw. niedrige Typikalität mit einer einfachen bzw. zweifachen Aufgabenstellung kombiniert.

## 6.2 Methoden

### 6.2.1 Versuchspersonen

Es wurden 41 Probanden getestet. Neun Versuchspersonen wurden vor Beginn der Analysen ausgeschlossen, da sie entweder weniger als 50% der Zielreize korrekt identifiziert hatten oder mehr als 20% der EEG Sequenzen durch Artefakte kontaminiert waren. Damit wurden 32 Probanden in die Analysen aufgenommen. Das Durchschnittsalter dieser Probanden betrug 23.68 Jahre ( $SD = 2.75$ ), 16 Probanden waren weiblich. Alle Probanden waren Rechtshänder, deutsche Muttersprachler und besaßen eine normale oder auf normal korrigierte Sehkraft. Kein Proband hatte an Experiment 1 oder 2 teilgenommen. Für ihre Teilnahme wurden die Probanden bezahlt. Experiment 3 und 4 wurden in einer Sitzung durchgeführt.

### 6.2.2 Stimuli

*Experiment 3:* Die präsentierten 420 Wörter waren zum größten Teil identisch mit dem Material in Experiment 2, allerdings wurde die Hälfte der „Tiere“ durch Wörter anderer Kategorien ersetzt und die Unterstreichung der Buchstaben entfernt. Damit wurden insgesamt 70 Wörter der Kategorie „Tiere“ und 350 Wörter anderer Kategorien präsentiert. So unterschieden sich Experiment 1 und 3 nur in der verwendeten Zielkategorie und damit in der Typikalität der Mitglieder. Die durchschnittliche Typikalität der verwendeten Mitglieder betrug 2.08 ( $SD = 0.79$ ) laut erhobenem Fragebogen. Die mittlere Wortlänge betrug 5.81 Buchstaben ( $SD = 1.43$ ), die Wortfrequenz variierte zwischen 0 und 13 Einträge pro Million ( $M = 3.24$ ;  $SD = 3.0$ ), Größe und Schriftart waren identisch zu Experiment 1 und 2. Keine Bedingung variierte signifikant in Wortlänge oder Wortfrequenz von den anderen oder von Experiment 1 und 2. Präsentation, Gartenzäune (# # #) und Zeitparameter waren identisch zu Experiment 1 und 2.

*Experiment 4:* 420 Wörter wurden präsentiert. Kein Wort aus Experiment 3 wurde wiederholt. Insgesamt 140 Wörter gehörten zur Kategorie „belebt“ und 280 Wörter gehörten zur Kategorie „unbelebt“. Die mittlere Wortlänge betrug 5.85 Buchstaben ( $SD = 1.40$ ), die Wortfrequenz variierte zwischen 0 und 11 Einträge pro Million ( $M = 3.12$ ;  $SD = 2.9$ ), Größe und Schriftart waren identisch zu den vorausgegangenen Experimenten. Keine Bedingung variierte signifikant in Wortlänge oder Wortfrequenz von den anderen oder von den vorausgegangenen Experimenten. Die durchschnittliche Typikalität der verwendeten Mitglieder betrug 2.83 ( $SD = 0.67$ ) laut erhobenem Fragebogen. In jedem Wort war ein Buchstabe an unterschiedlichen Positionen im Wort unterstrichen. In 50% der Fälle war dies der Buchstabe „E“, in den anderen 50% ein zufällig gewählter anderer Buchstabe. Präsentation, Gartenzäune (# # #) und Zeitparameter waren identisch zu Experiment 1,2 und 3.

### 6.2.3 Durchführung

Die Durchführung entsprach den vorhergegangenen Experimenten. Die Probanden wurden instruiert, in Experiment 3 bei jedem Wort, das auf der beachteten Bildschirmseite präsentiert wurde, zu entscheiden, ob es zur Kategorie der „Tiere“ gehört. Bei Experiment 4 mußte entschieden werden, ob ein Wort zur Kategorie „belebt“ gehört und ein unterstrichenes „E“ aufweist. Alle Parameter waren identisch zu den Parametern in Experiment 1.

### 6.2.4 EEG-Messung und Datenanalyse

Die EEG-Messung war identisch zur Messung in Experiment 1 und 2. Im Durchschnitt wurden 16.4% der Reize in Experiment 3 und 17.4% der Reize in Experiment 4 von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Die zur Identifikation der EKP Komponenten genutzten Zeitfenster entsprachen denen in Experiment 1 und 2 für die P1, N1 und N400 und denen in Experiment 2 für den KAT-Effekt. Eine genaue Beschreibung der Analyseprozedur der P100 und N100 ist im Kapitel zu Experiment 1 dargestellt.

Wie in Experiment 1 ergab sich in Experiment 3 die Frage nach Einbeziehung des Zielreizes in die EEG-Analyse. Der Zielreiz wurde in die Analyse mitaufgenommen, um eine Parallelität zu den Ergebnissen in Experiment 1 herzustellen. Bereits in Experiment 1 hatte sich eine relativ problemlose Interpretation des Zielreizeffektes ergeben. Außerdem konnte durch die Einbeziehung des Zielreizes der semantische Kategorieeffekt auf der beachteten Seite analysiert werden. In Experiment 3 gingen daher in die Analyse der N400 der zweifach gestufte Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor Ziel-/Ablenkerkategorie (KATEGORIE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort (ART) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor Roi (ROI) ein. In die Analysen des KAT-Effektes, der nur für die unbeachteten Wörter durchgeführt wurde, gingen der zweifach gestufte Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor Ziel-/Ablenkerkategorie (KATEGORIE) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor Roi (ROI) ein. Die Analyse der Augenbewegungen wurde im N400 und KAT Zeitfenster mit dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor ART separat für jede beachtete Bildschirmseite durchgeführt.

Da in Experiment 4 wie in Experiment 2 die Einbeziehung des Zielreizes in die Analyse nicht notwendig war, um eine vollständige Analyse der semantischen Effekte durchzuführen, wurde darauf verzichtet. In den Analysen wurden die Bedingungen miteinander verglichen, die den zu analysierenden Faktor möglichst

störungsfrei vom Einfluß der anderen Faktoren abbilden. Für die Analyse der Effekte des Faktors KATEGORIE (Ziel- vs. Ablenkerkategorie) im Zeitfenster der N400 wurden daher die Bedingungen E1, E6, E3 und E4 mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort (ART) und dem fünffach gestuften Wiederholungsfaktor Roi (ROI) untersucht. Eine genaue Beschreibung der Ablenkerbedingungen findet sich in Tabelle 6.1.

Für die zusätzliche Analyse der Effekte des Faktors Kategorie (Ziel- vs. Ablenkerkategorie) für unbeachtete Wörter im Zeitfenster des KAT-Effektes wurden die Bedingungen E3 und E4 (siehe Tabelle 6.1) mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE) und dem fünffach gestuften Wiederholungsfaktor Roi (ROI) untersucht.

Tabelle 6.1: *Beschreibung der im Experiment 4 benutzten Ablenkreize*

Bedingungen	Aufmerksamkeits-Status	Kategorie	Unterstrichener Buchstabe
<b>E1</b>	beachtetes Wort	Ziel	Nicht E
<b>E2</b>	unbeachtetes Wort	Ziel	E
<b>E3</b>	unbeachtetes Wort	Ziel	Nicht E
<b>E4</b>	unbeachtetes Wort	Ablenker	Nicht E
<b>E5</b>	unbeachtetes Wort	Ablenker	E
<b>E6</b>	beachtetes Wort	Ablenker	Nicht E
<b>E7</b>	beachtetes Wort	Ablenker	E

Zur Analyse der durch die Buchstabenidentifikation erzeugten Effekte wurden die Bedingungen E4, E5, E6 und E7 (siehe Tabelle 6.1) mit dem zweifach gestuften Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor unterstrichenes E/Nicht E (BUCHSTABE), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort (ART) und dem fünffach gestuften Wiederholungsfaktor ROI (ROI) im Zeitfenster der N400 untersucht. Die Analyse der Augenbewegungen wurde im N400 und KAT Zeitfenster mit dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor ART (Bedingungen E6 und E4) separat für jede beachtete Bildschirmseite durchgeführt. Alle berichteten statistischen Analysen wurden, wenn notwendig, nach Geisser & Greenhouse (1959) korrigiert.

## 6.3 Ergebnisse

### 6.3.1 Behaviorale Daten

*Experiment 3:* Wie bereits erläutert liegen aufgrund des verwendeten Go/NoGo Paradigmas nur Reaktionszeiten für die korrekt erkannten Zielreize vor ( $M = 614.6$  ms;  $SD = 44.6$  ms). Der t-Test zur Analyse des Einflusses der beachteten Seite (SEITE) ergab keinen signifikanten Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen rechts und links fokussierter Aufmerksamkeit ( $t[30.0] = 1.34$ ;  $p > .1$ ). Der Mittelwert der % korrekt lag bei 76.6% ( $SD = 8.5$ ). Der t-Test zur Überprüfung des Einflusses der beachteten Seite (SEITE) auf die Anzahl der Fehler ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen links und rechts fokussierter Aufmerksamkeit ( $t[30.0] = 0.46$ ;  $p > .6$ ). Die % korrekt abgelehnter Distraktorreize lagen bei über 99 % und wurden aufgrund der beschränkten Aussagekraft nicht weiter ausgewertet.

In Experiment 3 wurde die Aufgabenstellung von Experiment 1 und die niedrige Typikalitätsrate der Zielreize von Experiment 2 kombiniert. Daher wurde ein Vergleich der behavioralen Ergebnisse der Experimente 1 und 3 durchgeführt, um die Annahme zu bestätigen, daß niedrigere Typikalitätswerte innerhalb der Zielreizkategorie zu verminderten Reaktionszeiten und vergrößerten % korrekt führen.

ANOVAs mit den Gruppenfaktoren SEITE und EXPERIMENT (Exp. 1 vs. Exp. 3) wurden sowohl für die Reaktionszeiten als auch für die % korrekt durchgeführt und zeigten signifikant niedrigere Reaktionszeiten ( $F[1,60] = 7.67$ ;  $p < .007$ ) und höhere % korrekt ( $F[1,60] = 3.68$ ;  $p < .06$ ) in Experiment 3. Im Vergleich zu Experiment 1 lagen die Reaktionszeiten in Experiment 3 um ca. 28 ms niedriger und die % korrekt um ca. 4,8% höher.

*Experiment 4:* Die mittleren Reaktionszeiten für die korrekt erkannten Zielreize betragen 661.4 ms ( $SD = 40.0$  ms). Der t-Test zur Analyse des Einflusses der beachteten Seite (SEITE) ergab keinen signifikanten Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen rechts und links fokussierter Aufmerksamkeit ( $t[30.0] = 1.93$ ;  $p > .07$ ). Der Mittelwert der % korrekt lag bei 65.6% ( $SD = 14.9$ ). Der t-Test zur Überprüfung des Einflusses der beachteten Seite (SEITE) auf die Anzahl der korrekt erkannten Zielreize ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen links und rechts fokussierter Aufmerksamkeit ( $t[30.0] = -0.70$ ;  $p > .4$ ). Die % korrekt abgelehnter Distraktorreize lagen bei über 99 % und wurden aufgrund der beschränkten Aussagekraft nicht weiter ausgewertet.

Um zu überprüfen, ob die Manipulation der Aufgabenstellung bei gleichbleibender Typikalität einen Effekt auf die behavioralen Ergebnisse hat, im konkreten die Einführung einer Zweitaufgabe erhöhte Reaktionszeiten und eine verringerte

te Anzahl korrekt erkannter Zielreize verursacht, wurde ein Vergleich der Experimente 1 und 4 durchgeführt. Es wurden sowohl Reaktionszeiten als auch die % korrekt durch ANOVAs mit den Gruppenfaktoren SEITE und EXPERIMENT (Exp. 1 vs. Exp. 4) miteinander verglichen. Zur Erinnerung: Experiment 1 und 4 unterschieden sich in der Aufgabenstellung, aber nicht in der Typikalität der verwendeten Mitglieder ( $p > .06$ ).

Wie erwartet konnten signifikant niedrigere Reaktionszeiten ( $F[1, 60] = 4.07$ ;  $p < .04$ ) und ein starker Trend zu höheren % korrekt ( $F[1, 60] = 3.59$ ;  $p = .06$ )

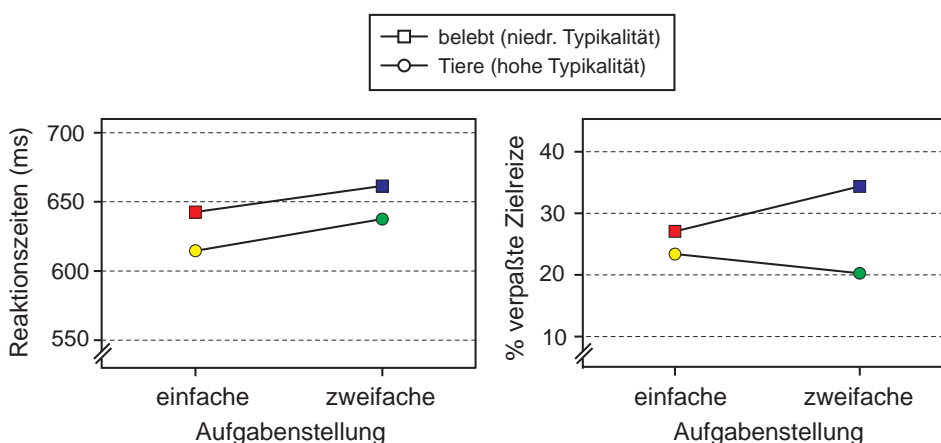


Abbildung 6.1: Experiment 1, 2, 3 und 4. Darstellung der Mittelwerte der Reaktionszeiten (links) und % verpaßten Zielreize (rechts). Die Aufgabenstellung ist auf der waagerechten Achse abgetragen, die Typikalität über die Form (Kreis vs. Viereck) kodiert. Die Experimente sind durch Farben kodiert. Experiment 1 = rot; Experiment 2 = grün; Experiment 3 = gelb; Experiment 4 = blau.

für Experiment 1 im Vergleich zu Experiment 4 verifiziert werden. Die mittlere Reaktionszeit bei Experiment 1 lag ca. 19 ms unter, die % korrekt ca. 6% über den Werten in Experiment 4.

Um die Möglichkeit zu minimieren, daß Gruppeneffekte für die berechneten Signifikanzen ausschlaggebend waren, wurde zusätzlich eine Analyse der Experimente 3 und 4 durchgeführt, wobei die Kombination aus geringerer Typikalität der Mitglieder und höherer Aufgabenschwierigkeit in Experiment 4 zu deutlich längeren Reaktionszeiten und einer niedrigeren Anzahl korrekt erkannter Zielreize im Vergleich zu Experiment 3 führen sollte. Wie erwartet konnten signifikant höhe-

re Reaktionszeiten ( $F[1, 60] = 20.57; p < .0001$ ) und ein niedrigerer Prozentsatz erkannter Zielreize ( $F[1, 60] = 12.73; p < .0007$ ) für Experiment 4 im Vergleich zu Experiment 3 gezeigt werden. Die mittlere Reaktionszeit bei Experiment 3 lag ca. 47 ms unter, die % korrekt ca. 11% über den Werten in Experiment 4. Die Mittelwerte der Reaktionszeiten und % korrekt aller vier Experimente sind in der Abbildung 6.1 dargestellt.

### 6.3.2 EEG Daten

*Experiment 3:* Wie in den vorausgegangenen Experimenten wurde eine Analyse der P100 und N100 Komponenten durchgeführt, um die ausschließliche Beachtung einer Bildschirmseite zu verifizieren. Im Zeitfenster der P100 wurde der

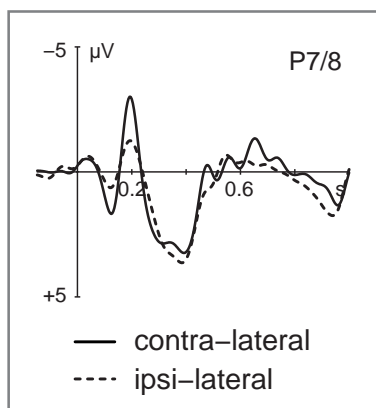


Abbildung 6.2: Experiment 3. P100 und N100 Komponente für contra- und ipsilaterale Elektroden auf der kombinierten P7/8 Elektrode.

Faktor ELEKTRODENPOSITION signifikant ( $F[1, 30] = 4.41; p < .04$ ). Auch konnte eine signifikant höhere Negativierung für contralaterale Elektroden auf der N100 festgestellt werden ( $F[1, 30] = 15.22; p < .001$ ). Eine Darstellung der Komponenten findet sich in Abbildung 6.2.

Die Analyse der N400 ergab einen signifikanten Haupteffekt für KATEGORIE ( $F[1,30] = 17.96; p < .001$ ), eine signifikante Interaktion für ART mit KATEGORIE ( $F[1,30] = 36.93; p < .001$ ) und eine dreifache Interaktion von ART, KATEGORIE und ROI ( $F[4,120] = 14.29; p < .001$ ; G.-G.ε: .8097). Daher wurden beachtete Wörter/unbeachtete # # # und beachtete # # #/unbeachtete Wörter separat weiter analysiert. Beachtete Wörter zeigten eine signifikante Interaktion von KATEGORIE mit ROI ( $F[4,120] = 12.85; p < .001$ ; G.-G.ε: .7308), daher wurden die KATEGORIE Effekte separat für die einzelnen ROIs bestimmt. Wie

Tabelle 6.2 zeigt, weisen Wörter auf der beachteten Seite einen über den ganzen Schädel gleichmäßig verteilten Effekt der semantischen Kategorie im Zeitfenster der N400 auf.

Tabelle 6.2: *Experiment 3: KATEGORIE Effekte für beachtete Wörter im N400 Zeitfenster*

ROIs	Beachtete Wörter	
	F	<i>df</i>
FR	33.78***	1,30
FL	13.52***	1,30
PR	65.46***	1,30
PL	24.73***	1,30
Z	49.59***	1,30

*Anmerkungen.* FR = Frontal Rechts; FL = Frontal Links; PR = Parietal Rechts; PL = Parietal Links; Z = Zentral.

\*  $p < .06$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Tabelle 6.3: *Experiment 3: KATEGORIE Effekte für unbeachtete Wörter im KAT Zeitfenster*

ROIs	Unbeachtete Wörter	
	F	<i>df</i>
FR	1.30	1,30
FL	3.24	1,30
PR	2.08	1,30
PL	0.75	1,30
Z	4.29*	1,30

*Anmerkungen.* FR = Frontal Rechts; FL = Frontal Links; PR = Parietal Rechts; PL = Parietal Links; Z = Zentral.

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .



Unbeachtete Wörter zeigten weder einen signifikanten Haupteffekt der KATEGORIE noch eine signifikante Interaktion von KATEGORIE mit ROI ( $p > .1$ ) im Zeitfenster der N400. Die Analyse des KAT Zeitfensters ergab jedoch eine signifikante Interaktion von KATEGORIE mit ROI ( $F[4,120] = 12.75, p < .001$ ; G.-G.ε: .7539), so daß separate Analysen für die einzelnen Rois durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 6.3 abgebildet und zeigen einen signifikanten Kat-Effekt für zentrale Elektroden. Für das Roi FL war ein Trend zur Signifikanz ( $p = 0.08$ ) erkennbar. Die EKPs für beachtete und unbeachtete Wörter sind in Abbildung 6.3 dargestellt.

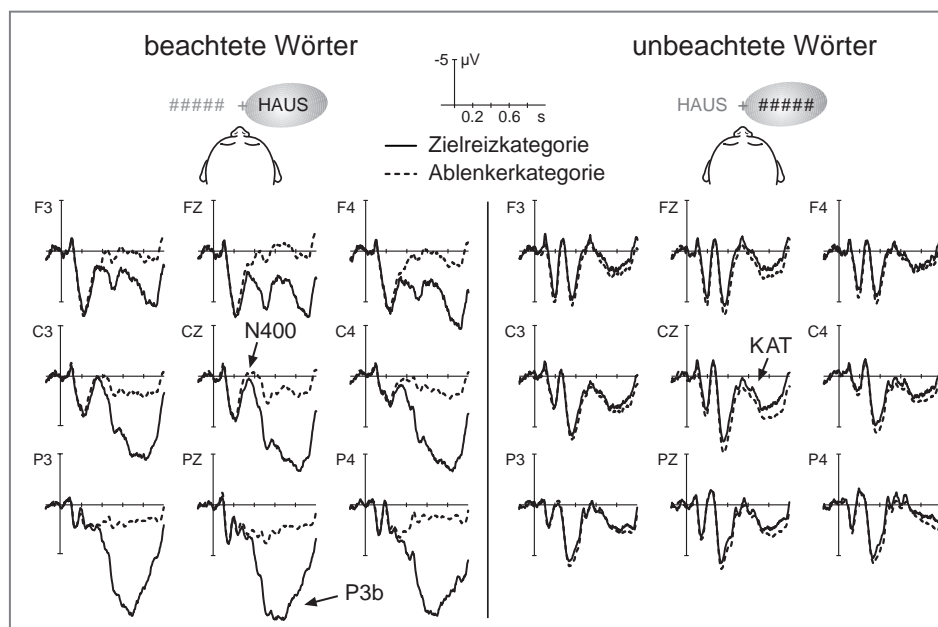


Abbildung 6.3: Experiment 3. Vergleich der Zielreiz- (Tiere) und Ablenkerkategorie (Nicht-Tiere) für beachtete und unbeachtete Wörter auf ausgewählten Elektroden.

Die visuelle Analyse der Augenkanäle ergab Augenbewegungen vergleichbar zu Experiment 1 und 2 (siehe Abbildung 6.6). Alle Versuchspersonen wurden hinsichtlich der Richtung der Augenbewegungen inspiziert. Bei allen Bedingungen und Versuchspersonen wurden minimale Augenbewegungen zur beachteten Seite visuell erkannt. Die Analysen der Augenbewegungen auf der EOGH Elektrode ergaben einen signifikanten Effekt des Faktors ART für beide beachteten Seiten im N400 Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 25.50; p < .001$ .; Rechts:  $F[1,15] = 15.99$ ;

$p < .001$ ) und im KAT Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 7.00$ ;  $p < .001$ ; Rechts:  $F[1,15] = 11.00$   $p < .001$ ). Der direkte Vergleich der durch beachtete und unbeachtete Wörter generierten EEGs wurde daher nicht durchgeführt.

*Experiment 4:* Die Analyse der P100 und N100 Komponenten (siehe Abbildung 6.4), die zur Überprüfung der ausschließlichen Beachtung einer Bildschirmseite diente, ergab im Zeitfenster der P100 einen Trend für den Faktor ELEKTRODENPOSITION ( $F[1, 30] = 3.48$ ;  $p = .07$ ) und im Zeitfenster der N100 eine signifikant höhere Negativierung für contralaterale Elektroden ( $F[1, 30] = 12.95$ ;  $p < .001$ ).

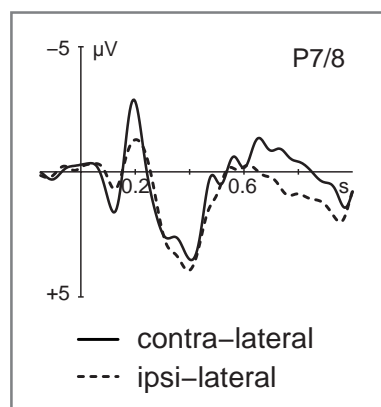


Abbildung 6.4: *Experiment 4. P100 und N100 Komponente für contra- und ipsilaterale Elektroden auf der kombinierten P7/8 Elektrode.*

Die Analyse der N400 ergab einen signifikanten Haupteffekt für KATEGORIE ( $F[1,30] = 8.39$ ;  $p < .007$ ) und eine signifikante dreifache Interaktion von ART, KATEGORIE und ROI ( $F[4,120] = 11.97$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .6814). Daher wurden beachtete Wörter/unbeachtete # # # und beachtete # # #/unbeachtete Wörter separat weiter analysiert. Beachtete Wörter zeigten eine signifikante Interaktion von KATEGORIE mit ROI ( $F[4,120] = 10.31$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .7377). Daher wurden die KATEGORIE Effekte separat für die einzelnen Rois bestimmt. Wie Tabelle 6.4 zeigt, weisen Wörter auf der beachteten Seite einen frontal und zentral verteilten Effekt der semantischen Kategorie im Zeitfenster der N400 auf.

Unbeachtete Wörter zeigten eine signifikante Interaktion von KATEGORIE und ROI ( $F[4,120] = 4.25$ ;  $p < .003$ ; G.-G.ε: .6010) im Zeitfenster der N400. Daher wurden separate Analysen des Faktors KATEGORIE über alle Rois gerechnet, aber kein signifikanter Effekt gefunden ( $p > .1$ ). Da die Interaktion nicht zu signifikanten Einzelvergleichen geführt hat und auf den Haupteffekt des Faktors ROI zurückzuführen ist ( $F[4,152] = 15.81$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .6052), wird sie im Folgenden nicht mehr diskutiert werden.

Tabelle 6.4: *Experiment 4: KATEGORIE Effekte für beachtete Wörter im N400 Zeitfenster*

ROIs	Beachtete Wörter	
	F	df
FR	17.52***	1,30
FL	15.96***	1,30
PR	1.05	1,30
PL	0.74	1,30
Z	7.92**	1,30

*Anmerkungen.* FR = Frontal Rechts; FL = Frontal Links; PR = Parietal Rechts; PL = Parietal Links; Z = Zentral.

\*  $p < .06$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

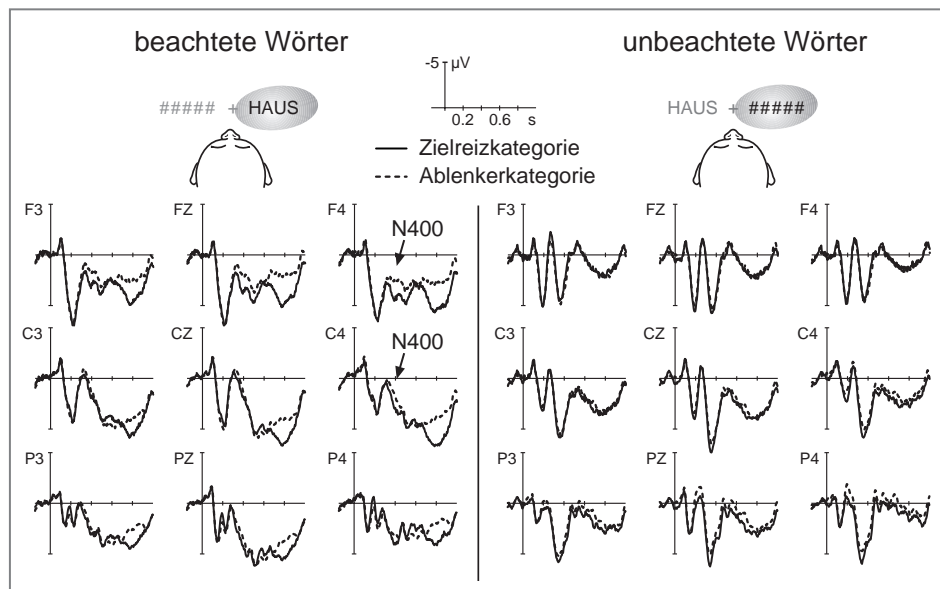


Abbildung 6.5: *Experiment 4. Vergleich der Zielreiz- (Tiere) und Ablenkerkategorie (Nicht-Tiere) für beachtete und unbeachtete Wörter auf ausgewählten Elektroden.*

Die Analyse des KAT Zeitfensters ergab keinen signifikanten Effekt für KATEGORIE oder eine Interaktion von KATEGORIE mit einem anderen Faktor. Die EKPs für beachtete und unbeachtete Wörter sind in Abbildung 6.5 dargestellt.

Die Analyse des E-Effekts, d.h. des Effekts der Buchstabendetektionsaufgabe, im Zeitfenster der N400 ergab keinen signifikanten Haupteffekt des Faktors BUCHSTABE oder eine signifikante Interaktion mit diesem ( $p > .2$ ). Die visuelle Analyse der Augenkanäle ergab Augenbewegungen vergleichbar zu den vorausgegangenen Experimenten (siehe Abbildung 6.7). Alle Versuchspersonen wurden hinsichtlich der Richtung der Augenbewegungen inspiziert. Bei allen Bedingungen und Versuchspersonen wurden minimale Augenbewegungen zur beachteten Seite visuell erkannt. Die Analysen der Amplituden der Augenbewegungen auf der EOGH Elektrode ergaben einen signifikanten Effekt des Faktors ART für beide beachteten Seiten im N400 Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 14.35$ ,  $p < .001$ ; Rechts:  $F[1,15] = 14.78$ ;  $p < .001$ ) und im KAT Zeitfenster (Links:  $F[1,15] = 3.76$ ;  $p < .01$ ; Rechts:  $F[1,15] = 20.04$   $p < .001$ ). Der direkte Vergleich der durch beachtete und unbeachtete Wörter generierten EEGs wurde daher auch hier nicht durchgeführt.

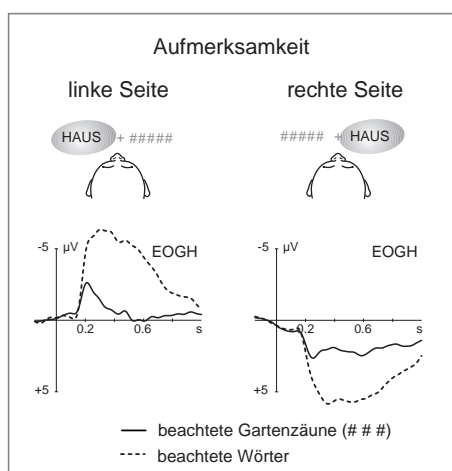


Abbildung 6.6: *Experiment 3. Darstellung der Augenbewegungen für Aufmerksamkeitsfokussierung auf die rechte und linke Bildschirmseite und beachtete Wörter und beachtete Gartenzäune (###).*

## 6.4 Diskussion

Die Ergebnisse in Experiment 3 und 4 zeigen deutlich eine Dissoziation von behavioralen und EKP Daten. In den behavioralen Daten konnte ein deutlicher Effekt

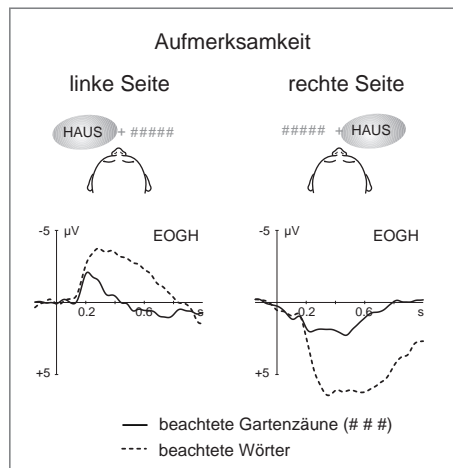


Abbildung 6.7: Experiment 4. Darstellung der Augenbewegungen für Aufmerksamkeitsfokussierung auf die rechte und linke Bildschirmseite und beachtete Wörter und beachtete Gartenzäune (###).

der Typikalität festgestellt werden, der mit der Aufgabenstellung interagiert. Je typischer die Mitglieder einer Gruppe waren, desto geringer waren Reaktionszeiten und desto höher fiel der Prozentsatz der korrekt identifizierten Mitglieder aus. Auch die Aufgabenstellung hatte einen, wenn auch geringeren Effekt auf die behavioralen Daten. Bei vergleichbarer Typikalität führte die zweifache Aufgabenstellung zu erhöhten Reaktionszeiten. In diesem Zusammenhang können die behavioralen Daten aller vier durchgeführten Experimente aus der Kombination von Aufgabenstellung und Typikalitätsgrad der Zielkategorie abgeleitet werden.

Dies gilt jedoch nicht für die EKPs. In den ereigniskorrelierten Potentialen ist kein Effekt der Typikalität nachweisbar. Die Ergebnisse von 1 und 2 wurden abhängig von der Aufgabenstellung repliziert. Bei einfacher semantischer Kategorisierungsaufgabe konnte in Experiment 3 eine Negativierung für die Zielreizkategorie ab ca. 450 ms nach Stimulusonset gezeigt werden. Diese Negativierung, der sogenannte KAT-Effekt, scheint zentraler und weniger frontal verteilt zu sein als in Experiment 1. Die geringe Amplitude des KAT-Effektes macht diesen aber sehr anfällig für Versuchsgruppeneinflüsse, so daß die nur geringfügig unterschiedliche Topographie nicht überbewertet werden darf. Insgesamt unterscheidet sich der KAT-Effekt in Experiment 3 wieder deutlich in Topographie, Latenz und Funktionalität von der klassischen N400, wie sie z.B. sehr deutlich für die beachteten Wörter in Experiment 4 gezeigt werden konnte.

Der KAT-Effekt verschwindet wie in Experiment 2 so auch in Experiment 4 bei der Einführung einer auf dem prä-lexikalischen Level angesiedelten Zweitaufgabe. Die veränderte Typikalität der Zielreizmitglieder in Experiment 4 im Vergleich zu Experiment 2 hat keinerlei Einfluß auf die EKPs.

Diese Daten unterstützen die Annahme, daß der entscheidende Faktor für die nachweisbare semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter die Aufgabenstellung ist. Bei einer einfachen semantischen Kategorisierungsaufgabe, die auf die post-lexikalische Klassifizierung unbeachteter Wörter abzielt, kann unbeachtete Wortverarbeitung gezeigt werden. Interferiert diese Aufgabe mit einer prä-lexikalischen Buchstabendetektion, so ist zumindest die post-lexikalische Verarbeitung unbeachteter Wörter nicht mehr nachzuweisen.

Im Zusammenhang mit den vorausgegangenen Experimenten kann festgestellt werden, daß der KAT-Effekt repliziert wurde. Die Vermutung, daß er unbeachtete Wortverarbeitung auf einem semantischen Level widerspiegelt, ist gestärkt worden. Wiederholt ist gezeigt worden, daß eine frühe Reizmodulation oder Reizselektion, wie sie durch die unterschiedlich große P100 Komponente reflektiert wird, kein Ausschlußkriterium für eine weitere Verarbeitung ist. Was die Natur des KAT-Effektes und die beteiligten Aufmerksamkeitsmechanismen angeht, so kann eine automatische prä-lexikalische Verarbeitung unbeachteter Wörter (Fuentes et al., 1994) nicht bestätigt werden. Die Erhöhung der prä-lexikalisch durchzuführenden Aufgaben führt zum Verschwinden des KAT-Effektes. Dies spricht für die aufmerksamkeitsbenötigende kontrollierte Natur der prä-lexikalischen Prozesse bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter.

Der KAT-Effekt und die für beachtete Wortverarbeitung beobachtete N400 Komponente zeigen große Unterschiede in Topographie, Latenz und Funktionalität, so daß durchaus vermutet werden kann, daß sie die EKP Abbildungen unterschiedlicher Prozesse darstellen. In Hinblick auf die vorhandenen Informationen über die involvierten prä-lexikalischen Prozesse kann ebenfalls ein Unterschied zwischen beachteter und unbeachteter Wortverarbeitung festgestellt werden. Während bei beachteter Wortverarbeitung die parallele prä-lexikalische Durchführung der Wortverarbeitung und der Buchstabendetektion keinen entscheidenden Einfluß auf die N400 ausübt, verhindert die gleiche Aufgabenstellung bei unbeachteten Wörtern einen KAT-Effekt. Während der parallelen Aufgabenbearbeitung, die sich auf prä-lexikalische/lexikalische Ebenen beschränkt, müssen eine oder beide Verarbeitungen bei unbeachteten Wörtern gestoppt worden sein. Dies spricht für eine strenge Limitierung der zur Verfügung stehenden Aufmerksamkeitsressourcen bei der unbeachteten Wortverarbeitung, die so nicht für die beachtete Wortverarbeitung beobachtet werden kann.

Bereits in Experiment 2 wurde diskutiert, inwieweit die experimentellen Daten die Annahmen von Broadbent & Gathercole (1990) unterstützen könnten, daß unbeachtete Wortverarbeitung aus dem Priming der Mitglieder der Zielreizkategorie und der daraus folgenden Identifikation unbeachteter Wörter aufgrund der Information auf der Merkmalsebene erfolgt. Die wesentlich typischeren Mitglieder

einer Zielkategorie sollten danach eine Identifikation unbeachteter Wörter erleichtern. Auf EKP Ebene läßt sich feststellen, daß die Permutationen der Typikalität in Experiment 3 und 4 keinerlei Hinweis auf eine erhöhte Identifikation unbeachteter Wörter bei erhöhter Typikalität zeigen konnten. Die Idee, daß übergeordnete Erwartungshaltungen auf dem lexikalischen Level durch Musterabgleich die Identifikation hoch erwarteter Wörter ermöglichen könnte, bietet auch keinerlei Erklärung dafür an, warum sich die post-lexikalischen Kategorisierungsprozesse der so erkannten Wörter von denen unterscheiden sollten, die auf „normalem“ Wege erkannt wurden.

Daher wird erst einmal der Ansatz weiter verfolgt werden, daß nicht näher definierte limitierte Aufmerksamkeitsprozesse offensichtlich bei der prä-lexikalischen Wortverarbeitung eine Rolle spielen. Diese Prozesse scheinen sich durch ihre limitierten Ressourcen von den prä-lexikalischen Prozessen beachteter Wörter zu unterscheiden. Es ist nun möglich, daß es sich hierbei um zwei getrennte Aufmerksamkeitsmechanismen mit getrennten Ressourcen handelt oder daß die Verarbeitung unbeachteter Wörter in ihren Möglichkeiten von der gleichzeitigen beachteten Verarbeitung abhängt. Dieser Fragestellung wird im nächsten Experiment nachgegangen werden.

## **Kapitel 7**

# **Experiment 5 - Der Einfluß der Distraktoren**

### **7.1 Einleitung**

Das folgende Experiment soll Aufschluß darüber bringen, in wie weit die Aufmerksamkeitsprozesse, die bei beachteter und unbeachteter Wortverarbeitung beteiligt sind, miteinander in Verbindung stehen.

Die in Experiment 1 und 3 beobachteten unterschiedlichen EKP Korrelate für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung weisen auf unterschiedliche Prozesse hin, die der beachteten und unbeachteten Verarbeitung zugrunde liegen. Die Modelle zur frühen Selektion (z.B. Treisman, 1988) würden für beide Verarbeitungen dieselben zugrundeliegenden Prozesse vermuten, da laut diesem Modellansatz eine Verarbeitung unbeachteter Wörter nur aufgrund mangelhafter Kontrolle der Aufmerksamkeit oder irrtümlicher Identifikation unbeachteter Wörter verursacht durch eine hohe, durch Priming hervorgerufene Salienz (Broadbent & Gathercole, 1990) vorkommt. Ein separater Prozeß unbeachteter Wörter durch einen separaten Mechanismus ist nicht vorgesehen. Auch Modelle zur späten Selektion sehen keinerlei unterschiedliche Verarbeitung für beachtete und unbeachtete Wörter vor; beides erfolgt automatisch bis zur Identifikation (z.B. Duncan, 1980).

Eine Überlegung, die unterschiedliche Verarbeitung beachteter und unbeachteter Wörter postuliert, stammt von Fuentes et al. (1994), der aufgrund experimenteller Evidenz für unbeachtete Wörter eine automatische Verarbeitung annahm, die sich von der Verarbeitung beachteter Wörter unterschied. Während die Daten der vorliegenden Arbeit zu diesem Zeitpunkt ebenfalls für unterschiedliche Mechanismen für die Verarbeitung beachteter und unbeachteter Reize spre-



chen, konnte der automatische Charakter der unbeachteten Wortverarbeitung nicht bestätigt werden. Es wurden eher experimentelle Hinweise gefunden, die auf die Beteiligung prä-lexikalischer Aufmerksamkeitsprozesse hinwiesen, von denen die spätere semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter abhängig war.

Zu diesem Zeitpunkt ist unser Wissen über die an unbeachteter Wortverarbeitung beteiligten prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsprozesse recht beschränkt. Abgesehen von räumlichen Selektionsmechanismen, die mit einer P100 Modulation in Verbindung gebracht werden (z.B. Mangun & Hillyard, 1990), die jedoch aufgrund der in allen Experimenten beobachteten P100 Modulation nicht in Betracht kommen, sind weitere Selektionsprozesse in der Reizverarbeitung nachgewiesen worden, die im prä-lexikalischen Bereich liegen. Besonders Modulationen der N200 wurden mit Farb- und Formselektion in Verbindung gebracht (z.B. Smid, Jakob & Heinze, 1997). Dabei reflektiert die N200 nicht die Selektion per se, sondern eher die Nutzung der selektierten Eigenschaften (Wijers, 1989). Sie wird mit dem Ruf nach fokaler Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht (Näätänen, 1982; Wijers, 1989) und konnte unter bestimmten Bedingungen auch für Zielreize gezeigt werden, die in vorausgegangenen Selektionen nicht beachtet worden waren (Wijers et al., 1989a).

Hinsichtlich der in den vorliegenden Experimenten beteiligten prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsprozesse sind verschiedene Möglichkeiten offen. Sie könnten mit den für beachtete Wahrnehmung ablaufenden Selektionsprozessen identisch sein. Das würde bedeuten, daß die prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsmechanismen, die für die Verarbeitung unbeachteter Wörter verantwortlich sind, aus einer gemeinsamen Ressource mit der gleichzeitig ablaufenden beachteten Reizverarbeitung stammen. Dies hätte z.B. seine Ursache in einer mangelnden Kontrolle von Aufmerksamkeitsprozessen nach der räumlichen Selektion und würde in den Grundzügen mit den Überlegungen von Broadbent & Gathercole (1990) übereinstimmen. Die beobachteten Unterschiede in den EKP Korrelaten der beachteten und unbeachteten Wortverarbeitung würden dann ausschließlich post-lexikalischen Ursprungs sein. Man würde von einem Unterschied zwischen beachteten und unbeachteten Wörtern im Bereich der lexikalen Aktivierung oder der post-lexikalen Integration ausgehen.

Wenn andererseits die an der Verarbeitung unbeachteter Wörter beteiligten prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsprozesse unabhängig von den Prozessen sein sollten, die für beachtete Reize gleichzeitig ablaufen, so könnten unterschiedliche prä-lexikalische Aufmerksamkeitsprozesse für beachtete und unbeachtete Reizverarbeitung angenommen werden. Die beobachteten Unterschiede in den EKP Korrelaten der beachteten und unbeachteten Wortverarbeitung könnten dann bereits prä-lexikalischen Ursprungs sein.

In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß Lesestudien bis jetzt keinen Hinweis auf semantische Verarbeitung unbeachteter Wörtern gezeigt haben (siehe Reichle et al., 1998). Bei der Untersuchung von visueller Wortverarbeitung in diesem „natürlicheren“ Verlauf, ist eine Wortverarbeitung unbeachteter Wörter immer von der gleichzeitigen Präsentation beachteter gleich komplexer Reize begleitet. Die Darbietung komplexerer, wortähnlicherer beachteter Stimuli bei gleichzeitiger Darbietung unbeachteter Wörter wurde im folgenden Experiment aufgegriffen. Falls für unbeachtete Wortverarbeitung unabhängige prä-lexikalische Aufmerksamkeitsmechanismen verantwortlich sein sollten, sollte für die Veränderung der Distraktoren keinerlei Einfluß auf die Wortverarbeitung nachweisbar sein. Eine verminderte oder verhinderte unbeachtete Wortverarbeitung aufgrund der neu eingeführten wortähnlichen Distraktoren würde auf eine Verbindung zwischen prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsressourcen für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung hinweisen.

## 7.2 Methoden

### 7.2.1 Versuchspersonen

27 Probanden nahmen an diesem Experiment teil. Drei Versuchspersonen wurden nicht in die Analysen einbezogen, da sie entweder weniger als 60% der Zielreize korrekt identifiziert hatten oder mehr als 20% der EEG Sequenzen durch Artefakte kontaminiert waren. 24 Probanden wurden in die Analysen aufgenommen. Das Durchschnittsalter der Probanden betrug 22.21 Jahre ( $SD = 1.86$ ), 12 Probanden waren weiblich. Alle Probanden waren Rechtshänder, deutsche Muttersprachler und besaßen eine normale oder auf normal korrigierte Sehkraft. Kein Proband hatte an den vorherigen Experimenten teilgenommen. Die Probanden wurden für ihre Teilnahme bezahlt.

### 7.2.2 Stimuli

Die verwendeten Stimuli waren identisch mit denen in Experiment 1, der einzige Unterschied betraf die verwendeten Distraktoren. Während in den vorausgegangenen Experimenten Gartenzäune (###) gleichzeitig mit den Wortstimuli präsentiert wurden, bestanden die in diesem Experiment benutzten Distraktoren aus den Buchstaben „V“, „W“, „X“, „Y“ und „Z“ in zufälliger Reihenfolge (siehe Abbildung 7.1). Die Auswahl der Buchstaben erfolgte aufgrund ihrer relativ seltenen Kombination im Deutschen.

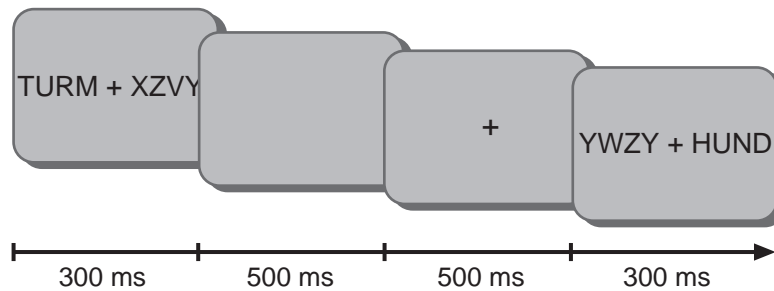


Abbildung 7.1: Beispiel des Versuchsdurchlaufs in Experiment 5

### 7.2.3 Durchführung

Die Durchführung entsprach den vorhergegangenen Experimenten. Die Probanden wurden instruiert, bei jedem Wort, das auf der beachteten Bildschirmseite präsentiert wurde, zu entscheiden, ob es ein belebtes Objekt ist. Die zu beachtende Seite wurde in Experiment 5 nicht über die Versuchspersonen variiert. Das Experiment wurde in 6 Blöcke unterteilt, wobei in 3 Blöcken die Aufmerksamkeit auf die rechte Bildschirmseite und in den anderen 3 Blöcken auf die linke Bildschirmseite gerichtet werden sollte. Die Reihenfolge der Blöcke wurde pseudorandomisiert. Ein Pfeil vor jedem Block gab die zu beachtende Bildschirmseite an. Alle anderen Parameter waren identisch mit den vorausgegangenen Experimenten.

### 7.2.4 EEG-Messung und Datenanalyse

Die EEG-Messung war identisch mit den vorausgegangenen Experimenten. Im Durchschnitt wurden 17% der Reize von der Analyse ausgeschlossen. Die zur Identifikation der EKP Komponenten genutzten Zeitfenster entsprachen Experiment 1 und 2 für die P1, N1 und N400 und Experiment 2 für den KAT-Effekt. Die Analyseprozedur der P100 und N100 ist bei Experiment 1 ausführlich dargestellt. Wie in Experiment 1 und 3 wurde der Zielreiz in die Analyse miteinbezogen, um den semantischen Effekt der beachteten Seite zu analysieren und mit den Effekten aus vorausgegangenen Experimenten vergleichen zu können.

In die Analyse der Effekte im Zeitfenster der N400 wurden der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor KATEGORIE (Ziel- vs. Ablenkerkategorie), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor beachtete Seite (SEITE), der zweifach

gestufte Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete V W X vs. beachtete V W X/unbeachtetes Wort (ART) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor ROI (ROI) miteinbezogen. Für die unbeachteten Wörter wurde zusätzlich das KAT Zeitfenster mit dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor KATEGORIE (Ziel- vs. Ablenkerkategorie), dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor beachtete Seite (SEITE) und dem fünffach gestuften Wiederholungsfaktor ROI (ROI) untersucht. Die Analyse der Augenbewegungen auf der EOGH Elektrode wurde im N400 und KAT Zeitfenster mit dem zweifach gestuften Wiederholungsfaktor ART separat für jede beachtete Bildschirmseite durchgeführt. Zusätzlich wurden die Ablenkerkategorien („unbelebte Objekte“) der beachteten und unbeachteten Wörter aus Experiment 1 und Experiment 5 miteinander verglichen, um zu untersuchen, in wie weit EKP Veränderungen unabhängig von der Zielreizdetektion durch die Manipulation der Distraktoren verursacht wurden. In diese Analysen gingen der zweifach gestufte Gruppenfaktor EXPERIMENT (Experiment 1 vs. Experiment 5), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete V W X vs. beachtete V W X/unbeachtetes Wort (ART) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor ROI (ROI) ein. Das untersuchte Zeitfenster war der Zeitraum von 200 ms bis 500 ms nach Stimulusonset, da visuelle Inspektionen der zwei Experimente einen unterschiedlichen EKP Verlauf in diesem Zeitfenster nahe legten. Alle berichteten statistischen Analysen wurden, wenn notwendig, nach Geisser & Greenhouse (1959) korrigiert.

### 7.2.5 Ergebnisse

#### Behaviorale Daten

Korrekt erkannte Zielreize wiesen eine mittlere Reaktionszeit von 694.4 ms ( $SD = 56.7$  ms) auf. Eine ANOVA mit dem Wiederholungsfaktor beachtete Seite (SEITE) ergab keinen signifikanten Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen rechts und links fokussierter Aufmerksamkeit ( $F[1,23] = 0.51; p > .4$ ). Der mittlere Prozentsatz der korrekt erkannten Zielreize lag bei 79.2% ( $SD = 11.6$ ). Eine ANOVA zur Überprüfung des Einflusses des Wiederholungsfaktors beachtete Seite (SEITE) ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen links und rechts fokussierter Aufmerksamkeit ( $F[1,23] = 0.48; p > .4$ ). Die % korrekt abgelehnter Distraktorreize lagen bei über 99 % und wurden aufgrund der durch diesen „ceiling“ Effekt beschränkten Aussagekraft nicht weiter ausgewertet.

Um den Einfluß der Distraktormanipulation auf die behavioralen Daten zu untersuchen, wurden die behavioralen Daten von Experiment 5 mit Experiment 1 verglichen, das, abgesehen von den Distraktoren, identisch zu Experiment 5 ist. Die ANOVAs für Reaktionszeit und % korrekt beinhalteten die Gruppenfakto-

ren SEITE und EXPERIMENT (Exp. 1 vs. Exp. 5). Obwohl in Experiment 5 der Faktor SEITE ein Wiederholungsfaktor ist, wurde dieses statistische Vorgehen gewählt, da es das statistisch konservativere Vorgehen darstellt und dadurch bestätigte Unterschiede verlässlicher sind. Für Experiment 5 wurden im Vergleich zu Experiment 1 statistisch höhere mittlere Reaktionszeiten ( $F[1, 76] = 20.90$ ;  $p < .001$ ) in Kombination mit höheren % korrekt ermittelt ( $F[1, 76] = 7.77$ ;  $p < .006$ ). Während die mittleren Reaktionszeiten in Experiment 5 ca. 52 ms über denen in Experiment 1 lagen, wurden gleichzeitig 8% weniger Zielreize verpaßt.

### EEG Daten

Die Analyse der P100 und N100 Komponenten (siehe Abbildung 7.2), die zur Überprüfung der ausschließlichen Beachtung einer Bildschirmseite diente, ergab im Zeitfenster der P100 einen signifikanten Effekt des Faktors ELEKTRODEN-

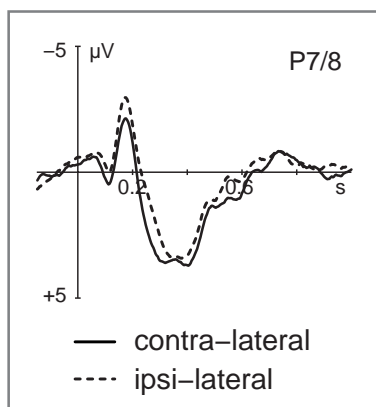


Abbildung 7.2: Experiment 5. P100 und N100 Komponente für contra- und ipsilaterale Elektroden auf der kombinierten P7/8 Elektrode.

POSITION ( $F[1, 38] = 5.68$ ;  $p < .02$ ) und im Zeitfenster der N100 eine signifikant höhere Positivierung für contralaterale Elektroden ( $F[1, 38] = 5.02$ ;  $p < .03$ ).

Die Analyse der N400 ergab einen signifikanten Haupteffekt für KATEGORIE ( $F[1,23] = 19.82$ ;  $p < .001$ ), eine signifikante Interaktion zwischen KATEGORIE und ART ( $F[1,23] = 56.18$ ;  $p < .001$ ) und eine signifikante dreifache Interaktion von ART, KATEGORIE und ROI ( $F[4,92] = 6.88$ ;  $p < .002$ ; G.-G.ε: .5016). Daher wurden beachtete Wörter/unbeachtete V W X und beachtete V W X/unbeachtete Wörter separat weiter analysiert. Beachtete Wörter zeigten eine signifikante Interaktion von KATEGORIE mit ROI ( $F[4,92] = 9.54$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .6341), daher wurden die KATEGORIE Effekte separat für die einzelnen

ROIs bestimmt. Wie Tabelle 7.1 zeigt, weisen Wörter auf der beachteten Seite einen fronto-zentralen und parietal rechts verteilten Effekt der semantischen Kategorie im Zeitfenster der N400 auf.

Unbeachtete Wörter zeigten weder einen KATEGORIE Haupteffekt noch eine signifikante Interaktion von KATEGORIE mit einem anderen Faktor ( $p > .7$ ). Die Analyse des KAT Zeitfensters ergab ebenfalls keinen signifikanten Effekt für KATEGORIE oder eine Interaktion von KATEGORIE mit einem anderen Faktor ( $p > .2$ ). Der Faktor SEITE wurde in keinem Zeitfenster signifikant. Die EKPs für beachtete und unbeachtete Wörter sind in Abbildung 7.3 dargestellt.

Tabelle 7.1: *Experiment 5: KATEGORIE Effekte für beachtete Wörter im N400 Zeitfenster*

ROIs	Beachtete Wörter	
	F	df
FR	39.36***	1,23
FL	21.35***	1,23
PR	32.58***	1,23
PL	3.08	1,23
Z	36.50***	1,23

*Anmerkungen.* FR = Frontal Rechts; FL = Frontal Links; PR = Parietal Rechts; PL = Parietal Links; Z = Zentral.

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ .

Die visuelle Analyse der Augenkanäle ergab Augenbewegungen vergleichbar zu den vorausgegangenen Experimenten (siehe Abbildung 7.4). Alle Versuchspersonen wurden hinsichtlich der Richtung der Augenbewegungen inspiziert. Bei allen Bedingungen und Versuchspersonen wurden minimale Augenbewegungen zur beachteten Seite hin visuell erkannt. Die Analysen der Augenbewegungen ergaben einen signifikanten Effekt des Faktors ART für die Beachtung der rechten, aber nicht der linken Seite im N400 Zeitfenster (Links:  $p > .4$ ; Rechts:  $F [1,23] = 13.17$ ;  $p < .001$ ) und im KAT Zeitfenster (Links:  $p > .7$ ; Rechts:  $F [1,23] = 19.44$   $p < .001$ ). Der direkte Vergleich der durch beachtete und unbeachtete Wörter generierten EEGs könnte daher für die beachtete linke Seite durchgeführt werden, scheint aber wenig sinnvoll, da keine Vergleiche anderer Experimente vorliegen. Deshalb wurde auch in diesem Experiment auf einen di-

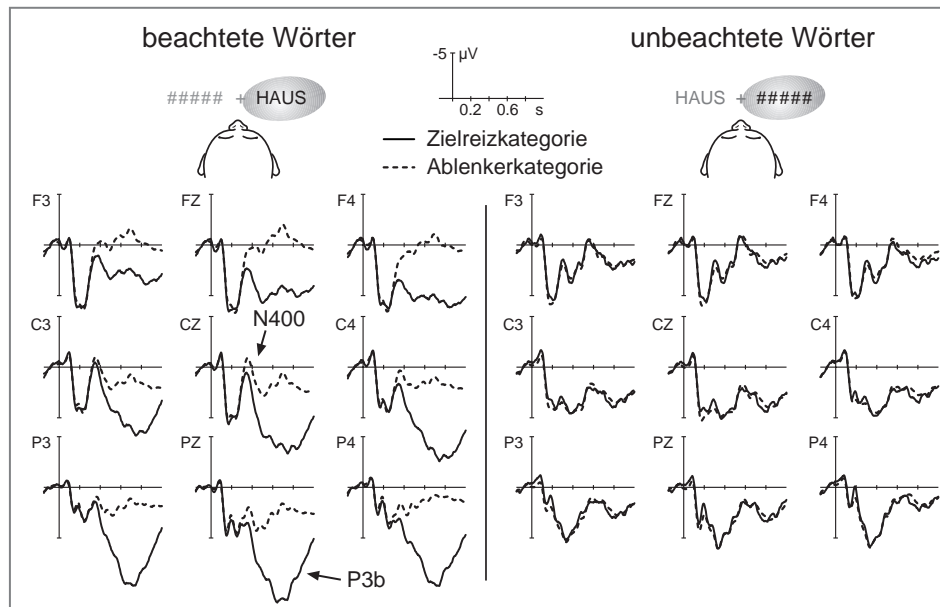


Abbildung 7.3: Experiment 5. Vergleich der Zielreiz- (Tiere) und Ablenkerkategorie (Nicht-Tiere) für beachtete und unbeachtete Wörter auf ausgewählten Elektroden.

rekten Vergleich der Ablenkerkategorien der beachteten und unbeachteten Seite verzichtet.

Um Unterschiede im evozierten EKP der Experimente 1 und 5 zu untersuchen, wurden beachtete und unbeachtete Wörter der Ablenkerkategorien von Experiment 1 und 5 miteinander verglichen. Da in beiden Experimenten minimale Augenbewegungen beobachtet worden waren, mußte vorher sichergestellt werden, daß kein perzeptueller Faktor in den Vergleich einging. Daher wurden die Augenbewegungen der zu analysierenden Bedingungen separat nach beachteter Seite über die Experimente verglichen und statistisch analysiert. Das Ziel war es, Vergleiche zwischen den zwei Experimenten zu finden, die keinerlei Unterschiede hinsichtlich der Augenbewegungen aufwiesen. Die durchgeführten ANOVAs verglichen Experiment 1 und 5 und ergaben keinen signifikanten Unterschied der Augenbewegungen im Zeitfenster von 200 ms bis 500 ms nach Stimulusonset für beachtete Wörter/unbeachtete V W X auf der rechten Seite ( $p > .6$ ), für unbeachtete Wörter/beachtete V W X auf der linken ( $p > .3$ ) und unbeachtete Wörter/beachtete V W X auf der rechten Seite ( $p > .2$ ). Für beachtete Wörter auf der linken Seite wurde ein statistischer Unterschied der Augenbewegungen im Vergleich von

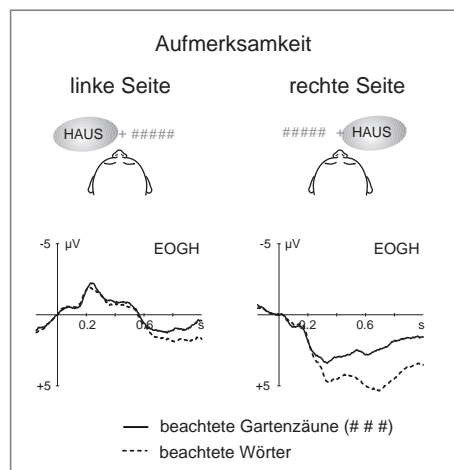


Abbildung 7.4: Experiment 5. Darstellung der Augenbewegungen für Aufmerksamkeitsfokussierung auf die rechte und linke Bildschirmseite und beachtete Wörter und beachtete Gartenzäune (###).

Experiment 1 und 5 gefunden ( $F[1,38] = 21.90; p < .0001$ ). Aufgrund dieser Ergebnisse kann ein Vergleich der EKPs zwischen Experiment 1 und 5 für die Bedingungen stattfinden, in denen die Aufmerksamkeit auf die rechte Seite gerichtet werden mußte, ohne daß unterschiedliche perzeptuelle Faktoren für detektierte Unterschiede ursächlich sind. Die Unterschiede in den Augenbewegungen bei Beachtung der linken Bildschirmseite sind durch eine zufällige Abweichung bedingt, innerhalb der Experimente konnte kein signifikanter Unterschied in der Amplitude der Blickbewegungen gezeigt werden, der auf die beachtete Bildschirmseite zurückzuführen war.

Die statistischen Analysen ergaben innerhalb des Zeitfensters von 200 ms bis 500 ms nach Stimulusonset einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor EXPERIMENT ( $F[1,38] = 4.68; p < .03$ ) und eine signifikante Interaktion von ART (beachtete Wörter/unbeachtete V W X vs. unbeachtete Wörter/beachtete V W X) und EXPERIMENT ( $F[1,38] = 4.71; p < .03$ ). Anschlußtests zeigten keinen signifikanten Effekt des Faktors EXPERIMENT für beachtete Wörter/unbeachtete V W X ( $p > .3$ ) aber einen über den ganzen Schädel verteilten Effekt für unbeachtete Wörter/beachtete V W X ( $F[1,38] = 10.18; p < .002$ ).

Unabhängig von Augenbewegungen konnte damit statistisch gezeigt werden, daß im Zeitfenster von 200 ms bis 500 ms nach Stimulusonset sich ausschließlich der EKP-Verlauf der unbeachteten Wörter von Experiment 1 zu Experiment 5 als Folge der manipulierten Distraktoren verändert hat (siehe Abbildung 7.5). Dies konnte aufgrund der Augenbewegungsanalyse nur für die Richtung der Aufmerksamkeit auf die rechte Seite gezeigt werden. Die visuelle Analyse der linken Seite läßt jedoch ein ähnliches Bild vermuten (siehe Abbildung 7.6).



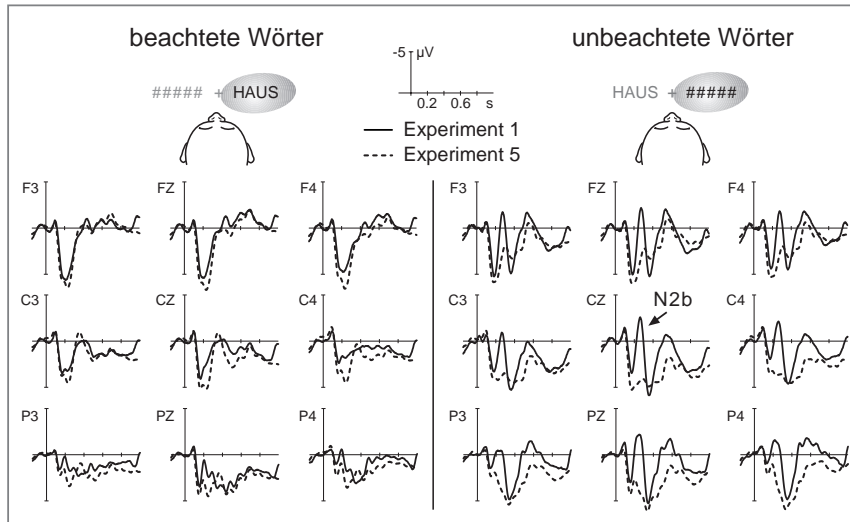


Abbildung 7.5: Experiment 1 und 5. Vergleich der Ablenkerkategorie (unbelebt) für beachtete und unbeachtete Wörter für beide Experimente auf ausgewählten Elektroden (Ausrichtung der Aufmerksamkeit = rechte Seite).

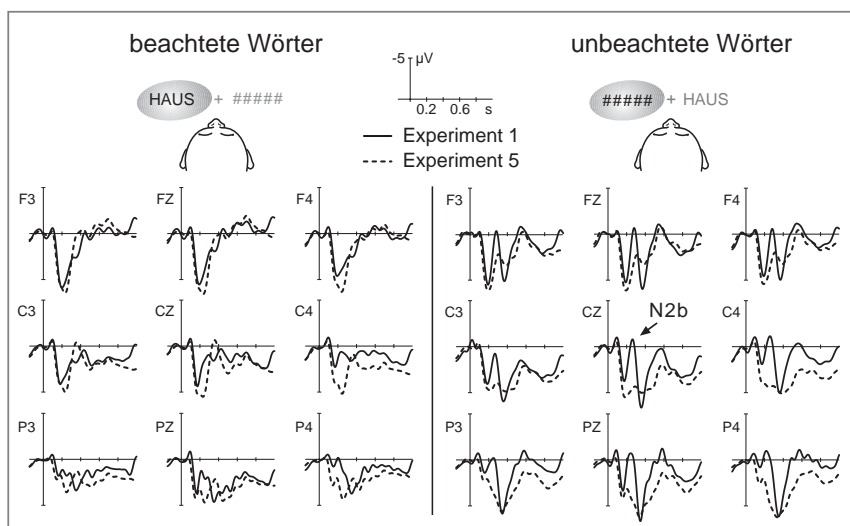


Abbildung 7.6: Experiment 1 und 5. Vergleich der Ablenkerkategorie (unbelebt) für beachtete und unbeachtete Wörter für beide Experimente auf ausgewählten Elektroden (Ausrichtung der Aufmerksamkeit = linke Seite).

### 7.3 Diskussion

Die Veränderung der im Experiment 5 genutzten Distraktoren gegenüber Experiment 1, genauer, ihre Angleichung an wortähnliches Material, hat zu zwei grundlegenden, elektrophysiologisch manifestierten Ergebnissen geführt. Eine semantische Wortverarbeitung für unbeachtete Wörter war nicht mehr elektrophysiologisch nachzuweisen. Gleichzeitig wurde der EKP Verlauf für die Verarbeitung unbeachteter Wörter signifikant verändert. Im Vergleich zu Experiment 1, indem ### als Distraktoren verwendet wurden, konnte eine signifikante Verringerung einer Negativierung im Bereich um 250 ms (N200) beobachtet werden.

Diese Ergebnisse sprechen für eine Beeinflussung prä-lexikalischer Aufmerksamkeitsprozesse für unbeachtete Reizverarbeitung durch beachtete Reizverarbeitung. Es ist gezeigt worden, daß eine Darbietung sprachähnlicher Ablenker (Buchstaben) im Vergleich zu sprachspezifisch unbedeutsamen Ablenkern (###) einen Einfluß auf die Verarbeitung unbeachteter Wörter hat. Ausgehend von Spracherkennungsmodellen (Rumelhart & McClelland, 1982) wird bei der Darbietung von Buchstabenreizen eine höhere sprachliche Verarbeitungsebene angesprochen als bei der Darbietung komplexer, sprachunspezifischer Reize. Diese erweiterte Aktivierung bei der Darbietung von Buchstabendistraktoren könnte, wie bei Experiment 2 die Doppelaufgabe, zu einer Überforderung der für die unbeachtete Verarbeitung bereitgestellten Ressourcen geführt und so eine weitere post-lexikalische Verarbeitung unbeachteter Wörter verhindert haben. Dies spricht für eine gemeinsame Aufmerksamkeitsressource für die Verarbeitung gleichzeitig auftretender beachteter und unbeachteter Reize und erklärt die Ergebnisse von Lesestudien (Reichle et al., 1998). Belegen bereits Buchstabenkombinationen im Fokus der Aufmerksamkeit die Ressourcen derartig in Beschlag, so daß an unbeachteten Positionen keine semantische Analyse der Wörter mehr stattfinden kann, dann sollte die Präsentation von Wortmaterial im Fokus der Aufmerksamkeit dies erst recht verhindern.

Im Gegensatz zu Experiment 2 und den anderen vorherigen Experimenten ist in Experiment 5 ein elektrophysiologisches Korrelat in Verbindung mit einem prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsprozeß für unbeachtete Wörter gebracht worden. Die Erhöhung der notwendigen Aufmerksamkeitsressourcen auf der beachteten Seite durch den sprachähnlicheren Distraktor, die Buchstaben, führte zu einer deutlichen Reduzierung einer Negativierung zwischen 200 ms und 300 ms. Dies war nicht der Fall, als die Ressourcen für die unbeachtete Wortverarbeitung aufgrund einer eingeführten Doppelaufgabe geteilt werden mußten (siehe Experiment 2). Eine funktionelle Zuordnung dieser in Experiment 5 verschwundenen Negativierung zu einer N200 Variante erscheint am plausibelsten. Die beobachtete

EKP Modulation ist besonders beeindruckend, weil sie ausschließlich die Verarbeitung unbeachteter Wörter betrifft. Für beachtete Wörter variiert der EKP Verlauf nicht signifikant und ist außerdem auf einen stark begrenzten Zeitbereich und eine einzige Komponente (N200) beschränkt. In Abbildung 7.5 ist auf frontalen Elektroden für Experiment 1 und 5 deutlich die vorausgehende Positivierung (P2) mit einer Gipfellatenz um 200 ms zu erkennen, auf posterioren Elektroden die nachfolgende Positivierung (P3) mit einer Gipfellatenz um 350 ms. Die zwischen diesen Positivierungen für Experiment 1 besonders zentral und frontal beobachtete Negativierung (N200) ist in Experiment 5 frontal noch in minimaler Ausbildung zu sehen, zentral und posterior ist nur noch eine breite Positivierung durch das Zusammenlaufen der vorausgehenden und nachfolgenden Positivierungen (P2 und P3) zu erkennen.

Die reduzierte N200 stimmt in Zeitbereich und Topographie mit der N2b Komponente überein. Sie könnte daher mit verdeckter Aufmerksamkeit und dem „Ruf nach fokaler Aufmerksamkeit“ in Verbindung gebracht werden (Näätänen, 1982; Wijers, 1989). Eine EKP Studie zu Aufmerksamkeitsprozessen bei der Verarbeitung von Farb- und Forminformationen (Smid et al., 1999) berichtete Evidenz, die eine Funktion der N2b im Bereich der Koordination von Systemen der Reaktionsauswahl und der selektiven Wahrnehmung vermuten lassen. Die Ergebnisse im vorliegenden Experiment stützen eine solche Interpretationen und erweitern die Rolle der N2b im Bereich der Koordination von Aufmerksamkeitsprozessen über beachtete und unbeachtete räumliche Dimensionen hinweg.

Damit wird deutlich, daß die prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsprozesse der beachteten Wortverarbeitung nicht nur Einfluß auf die der unbeachteten Wortverarbeitung nehmen, sondern ein aufmerksamkeitsspezifischer Koordinationsprozeß - reflektiert in der N2b - die Voraussetzung für eine Verarbeitung unbeachteter Wörter darstellt. Zusammenfassend lassen die Ergebnisse von Experiment 5 eine komplexe Abfolge von Selektions- und Koordinationsprozessen der Aufmerksamkeit für die prä-lexikalische Verarbeitung unbeachteter Wörter erkennen, deren Ressourcen von den gleichzeitig ablaufenden Prozessen für beachtete Stimuli abhängen.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse bestätigen eine grundlegende Aussage der Theorien der frühen Selektion (u.a. Treisman, 1988): Aufmerksamkeit ist notwendig, um Wörter zu verarbeiten. Hinsichtlich der genauen Aufmerksamkeitsmechanismen kann die Notwendigkeit der räumlichen Aufmerksamkeit nicht bestätigt werden. Sich anschließende Koordinationsprozesse der Aufmerksamkeit scheinen ursprünglich nicht selektierte Reize der weiteren Verarbeitung wieder zugänglich machen zu können (siehe auch: Wijers et al., 1989a). Die Aufmerksamkeitsprozesse, die die Verarbeitung unbeachteter Wörter beeinflussen, werden von den

gleichzeitig ablaufenden Prozessen der beachteten Wortverarbeitung beeinflusst, müssen aber nicht identisch mit diesen sein. Dafür spricht das Vorhandensein einer N2b Komponente für die Verarbeitung unbeachteter Wörter in den vorausgegangenen Experimenten, die nicht im EKP Verlauf für beachtete Wörter beobachtbar ist. Zu diesem Zeitpunkt kann keinerlei Aussage darüber gemacht werden, ob die Verarbeitung unbeachteter Wörter aufgrund ungenügender Kontrolle der Aufmerksamkeitsmechanismen (Broadbent & Gathercole, 1990) oder als Wahrnehmungsoptimierung bei freiwerdenden Ressourcen auftritt.



## Kapitel 8

# Experiment 6 - Die zugrundeliegenden Mechanismen

### 8.1 Einleitung

Die vorliegenden Ergebnisse lassen bereits einige Feststellungen über die Verarbeitung unbeachteter Wörter, die beteiligten Aufmerksamkeitsmechanismen und ihre Beschränkungen erkennen. Eine noch offene Frage bezieht sich auf die post-lexikalischen Prozesse der Sprachverarbeitung. Obwohl festgestellt werden konnte, daß sich die elektrophysiologischen Korrelate der semantischen Kategorisierung in Latenz, Topographie und Funktionalität zwischen beachteten und unbeachteten Wörtern unterscheiden, ist im Moment dennoch keine genaue Aussage über die der unbeachteten Wortverarbeitung zugrundeliegenden Mechanismen möglich. Die der N400 und damit der lexikalen/post-lexikalen Verarbeitung beachteter Wörter unterliegenden Prozesse sind durch vielfältige Untersuchungen relativ gut bekannt. In der N400 werden Abrufprozesse aus dem Langzeitgedächtnis widerspiegelt (Kutas & Federmeier, 2000). Ihre Amplitude reflektiert gewissermaßen die Anstrengung, die dieser Prozeß mit sich bringt (Kutas & Hillyard, 1984). Einen großen Einfluß auf den Schwierigkeitsgrad jedes Abrufs hat die verfügbare Kontextinformation, so daß die in der N400 gespiegelten Prozesse mit sprachlicher Integration in Verbindung gebracht werden (u.a. Van Berkum et al., 1999).

Das folgende Experiment soll Aufschluß über die Mechanismen liefern, die der post-lexikalen unbeachteten Verarbeitung zugrunde liegen und sie mit den für die beachtete Wortverarbeitung bekannten vergleichen. Der KAT-Effekt ist zeitlich etwas später als die N400 angesiedelt und weist eine längere Latenz auf. Diese Zeitparameter sprechen für einen zugrundeliegenden Mechanismus im Bereich

der lexikalischen/post-lexikalischen Analyse. Die durch den KAT-Effekt reflektierte Funktion kann aber nicht mit der in der N400 reflektierten identisch sein. Die erhöhte Negativierung im KAT-Effekt müßte ansonsten mit einem erschweren Zugriff in Verbindung gesetzt werden, welcher auf den ersten Blick wenig sinnvoll für die gesuchte Zielreizkategorie erscheint.

Zwei verschiedene Ansätze bieten sich zur Erklärung an. Die den KAT-Effekt bildenden Prozesse könnten im Bereich der aktiven Hemmung liegen. Bereits frühere behaviorale Studien vermuteten, daß der selektiven Aufmerksamkeit zwei Mechanismen zugrunde liegen: eine Erleichterung der Verarbeitung beachteter Reize und eine Hemmung der Verarbeitung unbeachteter Reize (Yee, 1991). Auch neuere Untersuchungen anhand beachteter und unbeachteter Prime Reize wurden dahingehend interpretiert, daß eine aktive Hemmung als kontrollierter Prozeß für irrelevante oder nicht zu beachtende Information aktiv wird (Lupiáñez, Rueda, Ruz & Tudela, 2000; Ortells & Tudela, 1996). Die Beteiligung frontaler Strukturen in aktiven Hemmungsprozessen ist durch eine PET-Studie zum Stroop-Phänomen vermutet worden (Bench, Frith, Grasby, Friston, Paulesu, Franckowiak & Dolan, 1993). Der KAT-Effekt könnte daher eine höhere aktive Hemmung derjenigen unbeachteten Reize darstellen, die der Zielkategorie angehören. Diese sind sowohl mit einer Reaktion gekoppelt als auch leichter postlexikalisch zu integrieren, da sie dem Erwartungsset entsprechen. Dadurch würden diese Reize eine erhöhte aber ungewollte Aktivierung zeigen, wenn sie nicht verstärkt gehemmt werden würden (Driver & Tipper, 1989). Diese verstärkte Hemmung würde als erhöhte Negativierung frontal auftreten.

Ein anderer Erklärungsansatz für die dem KAT-Effekt zugrundeliegenden Mechanismen wäre die Abbildung von Integrationsvorgängen. Diese müßten, anders als die N400, in einer höheren Negativierung gespiegelt sein. Da die Begrenztheit der vorhandenen Ressourcen eine entscheidende Rolle bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter zu spielen scheint, könnte die erhöhte Negativierung im KAT-Effekt als durchgeführte Integration in die Kategorie verstanden werden, wogegen für Stimuli ohne frontale Negativierung möglicherweise keine Integration stattfindet.

Um zu bestimmen, ob der KAT-Effekt die Reflexion eines Hemmungsprozesses oder einer Integration darstellt, wurde ein Priming Paradigma verwendet. Außerdem wurde im Gegensatz zu den vorausgegangenen Experimenten jedem Reiz eine Reaktion zugeordnet, um die Konfundierung von Reaktion und lexikalischer Integration aufzulösen.

Beim Priming Paradigma werden die einander folgenden Wörter manipuliert. Ein Wort kann auf ein anderes Wort derselben oder einer anderen Kategorie folgen. In Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß Wörter die einem Wort der-

selben semantischen Kategorie zeitlich folgen, schneller und akkurater erkannt werden als Wörter, die einem Wort einer anderen semantischen Kategorie folgen (Neely, 1991). Die zugrundeliegenden Mechanismen dieses Vorgangs sind sowohl automatische Aktivierung prä-lexikalischer Art (ASA) als auch die Erstellung eines Erwartungssets an Wörtern oder post-lexikalisches Abgleichen von Prime und Target Reizen (Brown & Hagoort, 1993). Die letzteren Prozesse können mit den Kontexteffekten der N400 bei Satzpräsentationen (Van Berkum, Hagoort & Brown, 1999) verglichen werden. Das vorausgehende Wort ermöglicht die Erstellung eines Erwartungssets für kommende Wörter, schafft damit eine höhere Erwartung für diese Wörter und erleichtert ihre Identifikation und Integration. Daher sind auch die Effekte des semantischen Priming in der Modulation der N400 sichtbar. Semantisch kategoriell geprimte Wörter weisen eine verringerte N400 auf (Kutas & Iragui, 1998); ein Anzeichen für einen erleichterten Abrufprozeß.

Im folgenden Experiment wurden geprimte und ungeprimte Wörter der Zielreiz- und der Ablenkerkategorie präsentiert. Damit wirken zwei verschiedene Priming Mechanismen auf die Verarbeitung der Stimuli. Ein generelles Erwartungsset der Zielreizmitglieder wird von Anfang des Experiments an aufgebaut, was ein generelles Kategorien Priming ermöglicht. Gleichzeitig werden auch Erwartungen mit jeder Wortpräsentation aufgebaut und kontrolliert, auch dieses Priming stützt sich auf die kategoriellen Beziehungen der Prime-Target Paare, ist jedoch sozusagen ein Wort-zu-Wort Priming.

Spiegelt der KAT-Effekt die Hemmung hoch aktivierter unbeachteter Reize wieder, so sollte bereits die Einführung einer Reaktion auf alle Reize diesen Effekt stark vermindern. Eine erhöhte Hemmung der unbeachteten Reize der Zielkategorie ist sowohl aufgrund der bisherigen ausschließlichen Koppelung von Zielreizkategorie mit einer Reaktion möglich, als auch aufgrund einer generell höheren nicht intendierten lexikalischen Aktivierung. Bei Einführung einer Reaktion auf Reize der Zielkategorie und der Ablenkerkategorie würde der Aspekt der reaktionsgetriebenen Hemmung für eine Erklärung der Unterschiede von Ziel- und Ablenkerkategorie wegfallen, da dann sowohl unbeachtete Stimuli der Ziel- als auch der Ablenkerkategorie ein Handlungserfordernis mit sich bringen und gleich stark gehemmt werden müßten. Wenn im Hemmprozeß die erhöhte lexikalische/post-lexikalische Aktivierung der Zielreizkategorie und nicht die Koppelung einzelner Reize mit einer Reaktion die treibende Rolle spielen sollte, so würde der KAT-Effekt erneut für unbeachtete Wörter nachweisbar sein. Allerdings sollte kein Priming Effekt für unbeachtete Wörter auftreten. Die Hemmung der lexikalischen/postlexikalischen Verarbeitung unbeachteter Wörter sollte alle lexikalisch oder später angesiedelten Priming Mechanismen verhindern und die ASA bei einem Inter-Stimulus-Intervall von 1000 ms keine Rolle spielen.



Wenn der KAT-Effekt mit einer Integrationsleistung in Verbindung steht, und die erhöhte Negativierung für Stimuli der Zielreizkategorie auf einer erfolgreichen Integration dieser Reize beruht, wird ein recht komplexes Muster der Priming Effekte erwartet. Da das Priming zum großen Teil über die Übereinstimmung von Prime und Target Reizen in einer semantischen Unterkategorie (z.B. Möbelstücke, Vögel...) funktioniert, sollte die vollständige Integration eines Reizes in seine semantische Kategorie die Voraussetzung für ein Priming darstellen. Geht man davon aus, daß nur unbeachtete Zielreize erfolgreich integriert werden im Gegensatz zu unbeachteten Ablenkreizen, so würden Priming Effekte nur für unbeachtete Wörter der Zielreiz-, aber nicht für unbeachtete Wörter der Ablenkreizkategorie erwartet. Die Priming Effekte sollten sich im Zeitfenster der N400 widerspiegeln, wenn man Priming Effekte für beachtete Wörter als Orientierung nimmt (Kutas & Iragui, 1998).

## 8.2 Methoden

### 8.2.1 Versuchspersonen

Es wurden 53 Probanden getestet. 13 Versuchspersonen wurden vor Beginn der Analysen ausgeschlossen, da sie entweder weniger als 60% der Zielreize korrekt identifiziert hatten oder mehr als 20% der EEG Sequenzen durch Artefakte kontaminiert waren. Damit wurden 40 Probanden in die Analysen aufgenommen. Das Durchschnittsalter dieser Probanden betrug 23.50 Jahre ( $SD = 2.39$ ), 23 Probanden waren weiblich. Alle Probanden waren Rechtshänder, deutsche Muttersprachler und besaßen eine normale oder auf normal korrigierte Sehkraft. Kein Proband hatte an einem der vorherigen Experiment teilgenommen. Für ihre Teilnahme wurden die Probanden bezahlt.

### 8.2.2 Stimuli

Es wurden 507 Wörter präsentiert, deren Wortlänge ( $M = 5.76$ ,  $SD = 1.55$ ) sich weder innerhalb der Bedingungen, noch von den vorherigen Experimenten signifikant unterschied. Die Wortfrequenz variierte zwischen 0 und 34 Einträgen pro Million ( $M = 1.91$ ;  $SD = 1.62$ ) und war in keiner Bedingung innerhalb des Experiments signifikant unterschiedlich. Die je zur Hälfte auf einer der zwei Bildschirmseiten präsentierten Wörter gehörten entweder zur Kategorie der belebten (240 Wörter) oder unbelebten Objekte (240 Wörter).

In jeder Kategorie gab es je 80 Wörter, die geprimt waren (P-Bedingung). Das bedeutet, daß diesen Wörtern ein Wort auf der selben Bildschirmseite voraus-

ging, daß sowohl in seiner Kategorie als auch in der Unterkategorie identisch war und teilweise auch assoziativ mit dem geprimten Wort verbunden war (z.B. Katze nach Hund; Nadel nach Faden). Weitere 80 Wörter je Kategorie waren ungeprimte Wörter (NP-Bedingung). Diesen Wörtern ging auch eine Wortpräsentation auf der gleichen Bildschirmseite voraus. Das vorausgegangene Wort gehörte aber immer zu der entgegengesetzten Kategorie (z.B. Faden nach Hund; Katze nach Nadel). Die letzte Gruppe von 80 Wörtern je Kategorie (für Beispiele siehe Ab-

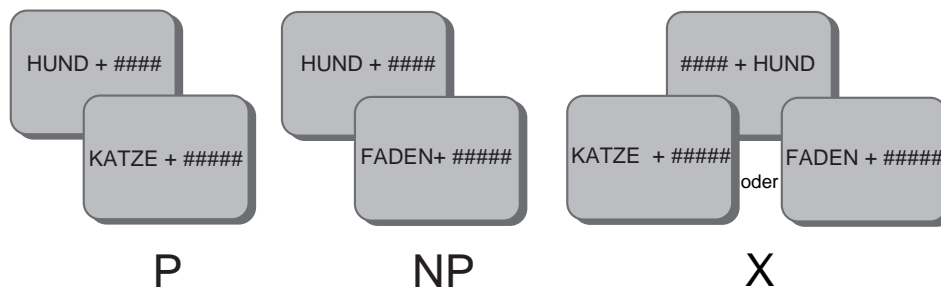


Abbildung 8.1: Beispiel der Priming Bedingungen in Experiment 6. P = geprimte Wörter, NP = nicht geprimte Wörter, X = einzelne Wörter

bildung 8.1) waren einzelne Wörter (X-Bedingung). Diesen Wörtern ging immer eine Wortpräsentation auf der entgegengesetzten Bildschirmseite voraus, wobei die Kategoriezugehörigkeit der vorherigen Wörter ausbalanciert war. Daher folgten die Wörter der X-Bedingung unmittelbar der Präsentation eines Gartenzauns (z.B. Katze nach # # # #; Faden nach # # # #). Die restlichen 27 Wörter waren Füllwörter, die zur Ausbalancierung des Versuchsdesigns nötig waren. Diese wurden von allen Analysen ausgeschlossen. Die drei Bedingungen (P-, NP- und X- Bedingung) unterschieden sich weder untereinander noch in sich selbst in Wortlänge oder Frequenz. Präsentation, Gartenzäune (# # #) und Zeitparameter waren identisch zu Experiment 1.

### 8.2.3 Durchführung

Die Durchführung entsprach den vorhergegangenen Experimenten. Die Probanden wurden instruiert, bei jedem Wort, das auf der beachteten Bildschirmseite präsentiert wurde, zu entscheiden, ob es ein belebtes Objekt ist oder nicht. In diesem Experiment mußte bei jedem auf der beachteten Bildschirmseite erschei-

nenden Reiz eine Reaktion erfolgen. Eine Taste mußte bei Identifikation eines belebten Objekts, eine zweite Taste bei Identifikation eines Gartenzauns oder unbelebten Objektes gedrückt werden. Die Tastenzuordnung wie auch die zu beachtende Bildschirmseite wurde über die Versuchspersonen variiert. Das Experiment war in vier Blöcke von ca. vier Minuten Dauer unterteilt, ein Übungsblock mit 30 Stimuli wurde jedem Probanden vier mal vor Beginn des Experiments dargeboten.

#### 8.2.4 EEG-Messung und Datenanalyse

Die EEG-Messung war identisch mit den vorausgegangenen Experimenten. Im Durchschnitt wurden 14.5 % der Reize von der Analyse ausgeschlossen. Die zur Identifikation der EKP Komponenten genutzten Zeitfenster entsprachen Experiment 1 und 2 für die P1, N1 und N400 und Experiment 2 für den KAT-Effekt. Die Analyseprozedur der P100 und N100 ist bei Experiment 1 (Kapitel 3) ausführlich dargestellt. Der Zielreiz wurde in die Analyse miteinbezogen, allerdings handelt es sich beim vorliegenden Experiment nicht mehr um ein Go/NoGo Paradigma, so daß keinerlei unterschiedliche Reaktionsart bei Ziel- und Ablenkreizen auftrat.

In die Analyse der N400 gingen der zweifach gestufte Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor Ziel-/Ablenkerkategorie (KATEGORIE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort (ART), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor Primingstatus (PRIMING) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor ROI (ROI) ein. Der Faktor PRIMING enthält zwei der drei möglichen Bedingungen, in denen ein Wort präsentiert werden kann (P- und NP-Bedingung), da dieser Vergleich den klassischen Priming Effekt (Neely, 1991) abbildet. In die Analysen des KAT-Effektes, der nur für die unbeachteten Wörter durchgeführt wurde, gingen der zweifach gestufte Gruppenfaktor beachtete Seite (SEITE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor Ziel-/Ablenkerkategorie (KATEGORIE), der zweifach gestufte Wiederholungsfaktor Primingstatus (PRIMING) und der fünffach gestufte Wiederholungsfaktor ROI (ROI) ein. Alle berichteten statistischen Analysen wurden, wenn notwendig, nach Geisser & Greenhouse (1959) korrigiert. Bei Durchführung aller möglichen Anschlußtests wurden die  $p$ -Werte nach der modifizierten Bonferroni Prozedur angepaßt (Koppel, 1991).

## 8.2.5 Ergebnisse

### Behaviorale Daten

Sowohl für die Reaktionszeiten als auch für die % korrekt wurden ANOVAs mit dem Gruppenfaktor SEITE (beachtete Seite rechts vs. links) und den Wiederholungsfaktoren KATEGORIE (Zielreiz- vs. Ablenkerkategorie), ART (beachtetes Wort/unbeachtete # # # vs. beachtete # # #/unbeachtetes Wort) und PRIMING (P- vs. NP- vs. X-Bedingung) durchgeführt.

*Reaktionszeiten:* Haupteffekte wurden für KATEGORIE ( $F[1,38] = 49.51$ ;  $p < .001$ ), ART ( $F[1,38] = 940.86$ ;  $p < .001$ ) und PRIMING gefunden ( $F[2,76] = 138.76$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .6863). Signifikante Interaktionen von KATEGORIE und ART ( $F[1,38] = 24.85$ ;  $p < .001$ ), KATEGORIE und PRIMING ( $F[2,76] = 2.98$ ;  $p < .06$ ; G.-G.ε: .9843), ART und PRIMING ( $F[2,76] = 114.51$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .6824) und KATEGORIE, ART und PRIMING ( $F[2,76] = 13.81$ ;  $p < .001$ ; G.-G.ε: .9693) wurden aufgelöst.

Tabelle 8.1: *Analyse der Reaktionszeiten (Anschlußtests)*

KATEGORIE	ART	Effekte					
		P vs. NP		P vs. X		NP vs. X	
		<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>
Belebt	W	131.23***	1,38	50.96***	1,38	11.50*	1,38
	G	1.44	1,38	196.56***	1,38	161.46***	1,38
Unbelebt	W	36.01***	1,38	1.12	1,38	9.25*	1,38
	G	2.91	1,38	251.42***	1,38	179.63***	1,38

*Anmerkungen.* W = beachtetes Wort/unbeachtete # # #; G = beachtete # # #/unbeachtetes Wort. P-Bedingung = geprimter Reiz; NP-Bedingung = ungeprimter Reiz; X-Bedingung = Reiz nach Gartenzaun.

\*  $p < .0167$ , \*\*  $p < .001$ , \*\*\*  $p < .0001$

Ein Effekt der KATEGORIE ließ sich nur für beachtete Wörter ( $F[1,38] = 39.67$ ;  $p < .001$ ) nicht aber für beachtete # # # zeigen ( $p > .1$ ). Der Effekt der signifikant höheren Reaktionszeiten für beachtete Wörter im Vergleich zu beachteten Gartenzäunen blieb unbeeinflusst. Der Effekt des PRIMING war für beachtete Wörter und # # # unterschiedlich ausgeprägt. Bei beachteten Wörtern wurde die P-Kondition signifikant schneller erkannt als die NP- ( $F[1,38] = 130.22$ ;  $p < .001$ )

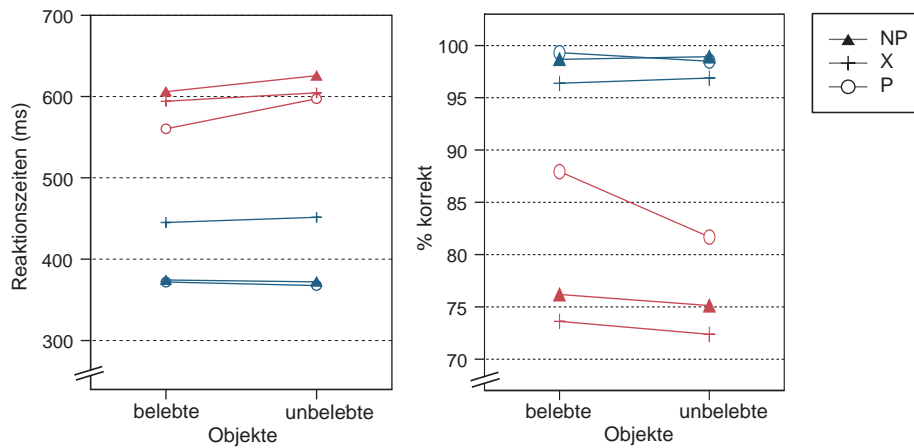


Abbildung 8.2: Experiment 6. Darstellung der Mittelwerte der Reaktionszeiten (links) und % korrekt erkannter Reize (rechts). Der Faktor KATEGORIE ist auf der waagerechten Achse abgetragen, die unterschiedlichen Priming Bedingungen sind über die Form (Dreieck vs. Kreuz vs. Kreis) kodiert. Der Faktor ART ist durch Farben kodiert. Beachtete Wörter/unbeachtete ### sind rot dargestellt, beachtete ##/unbeachtete Wörter blau.

und die X-Bedingung ( $F[1,38] = 18.28; p < .001$ ). Die NP-Bedingung wiederum wurde langsamer erkannt als die X-Bedingung ( $F[1,38] = 14.62; p < .001$ ), so daß sich eine ansteigende Reaktionszeit von P- über X- zu NP-Bedingung darstellte. Bei beachteten ### konnte keine unterschiedliche Reaktionszeit zwischen P- und NP- Bedingung festgestellt werden ( $p > .2$ ), nur die X-Bedingung wurde signifikant langsamer erkannt als die P- ( $F[1,38] = 247.08; p < .001$ ) und die NP-Bedingung ( $F[1,38] = 187.68; p < .001$ ). Der Effekt der signifikant höheren Reaktionszeiten für beachtete Wörter im Vergleich zu beachteten ### blieb auch hier unbeeinflusst. Die Auflösung der Interaktion von KATEGORIE und PRIMING schließlich ergab nur signifikant höhere Reaktionszeiten für Exemplare der Ablenkerkategorie im Vergleich zur Zielkategorie ( $p < .05$ ) unabhängig vom Primingstatus der Wörter.

Die Auflösung der dreifachen Interaktion ergab für jede Stufe von KATEGORIE signifikante Interaktionen von ART mit PRIMING ( $p < .05$ ). Eine weitere Auflösung nach ART ergab immer einen signifikanten Wert für PRIMING ( $p < .05$ ), worauf vollständige Anschlußtests durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Anschlußtests sind der Übersichtlichkeit halber in Tabelle 8.1 zusammengefaßt, die Reaktionszeiten für die einzelnen Bedingungen sind in Abbildung 8.2 dargestellt. Man kann erkennen, daß die Reaktionszeiten für beide Kategori-

en der beachteten Wörter deutliche Priming-Effekte zwischen der P- und der NP-Bedingung zeigen. Dagegen konnte für die beachteten ###/unbeachteten Wörter keinerlei Priming-Effekt aufgezeigt werden.

*% korrekt:* Haupteffekte wurden für ART ( $F[1,38] = 277.62; p < .001$ ) und PRIMING gefunden ( $F[2,76] = 52.98; p < .001$ ; G.-G.ε: .9577). Signifikante Interaktion von KATEGORIE und ART ( $F[2,76] = 6.53; p < .003$ ; G.-G.ε: .9516) und ART und PRIMING ( $F[2,76] = 25.72; p < .001$ ; G.-G.ε: .9931) wurden aufgelöst. Ein Effekt der KATEGORIE ließ sich nur für beachtete Wörter ( $F[1,38] = 39.67; p < .001$ ) nicht aber für beachtete ### zeigen ( $p > .1$ ). Der dreigestufte Effekt der signifikant höheren % korrekt für die P- Bedingung im Vergleich zur NP-Bedingung und deren signifikant höhere % korrekt im Vergleich zur X-Bedingung blieb unbeeinflusst.

Der Effekt des PRIMING war für beachtete Wörter und ### unterschiedlich ausgeprägt. Bei beachteten Wörtern wurde die P-Kondition häufiger richtig erkannt als die NP- ( $F[1,38] = 5.10; p < .03$ ) und die X-Bedingung ( $F[1,38] = 5.07; p < .03$ ). NP- und X-Bedingung unterschieden sich nicht signifikant ( $p > .5$ ). Bei beachteten ### wurden P- und NP- Bedingung gleich gut erkannt ( $p > .2$ ), die X-Bedingung wurde jedoch signifikant schlechter erkannt als die P- ( $F[1,38] = 247.08; p < .001$ ) und die NP-Bedingung ( $F[1,38] = 8.90; p < .004$ ). Der Effekt der signifikant höheren % korrekt für beachtete ### im Vergleich zu beachteten Wörtern blieb auch hier unbeeinflusst. Die Prozentwerte für alle Bedingungen sind ebenfalls in Abbildung 8.2 dargestellt.

Zusammengefaßt, konnten Priming Effekte nur für beachtete, nicht aber für unbeachtete Wörter nachgewiesen werden. Für beachtete Wörter/unbeachtete ### konnte ein Priming Effekt der am Anfang des Experiments vorgegebenen Zielreizkategorie sowie ein Priming der vorausgehenden Wörter in der laufenden Präsentation in den Reaktionszeiten gezeigt werden. Generell war die Verarbeitung beachteter Wörter wesentlich langsamer als die der unbeachteten Wörter. Unbeachtete Wörter/beachtete ### waren in ihrer Verarbeitung recht schnell, jedoch konnte kein wie auch immer gearteter Priming Effekt in den Reaktionszeiten nachgewiesen werden. Die Reaktionszeiten für unbeachtete Wörter/beachtete ### zeigen keinen Effekt, der nicht mit der Verarbeitung der beachteten ### vollständig erklärt werden könnte. Auch die Auswertung der % korrekt erkannter Reize wies auf einen Priming Effekt für beachtete Wörter und auf eine Verarbeitung ausschließlich der beachteten ### und nicht der gleichzeitig präsentierten unbeachteten Wörter hin.

### EEG Daten

Die Analyse der P100 und N100 Komponenten (siehe Abbildung 8.3), die zur Überprüfung der ausschließlichen Beachtung einer Bildschirmseite diente, ergab im Zeitfenster der P100 eine signifikant erhöhte Positivierung für contralaterale

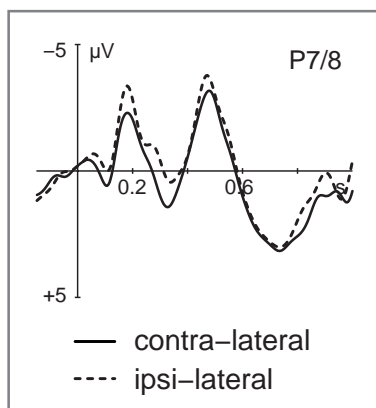


Abbildung 8.3: *Experiment 6. P100 und N100 Komponente für contra- und ipsilaterale Elektroden auf der kombinierten P7/8 Elektrode.*

Elektroden ( $F[1,38] = 5.68; p < .02$ ), die sich bis ins Zeitfenster der N100 fortsetzte ( $F[1,38] = 5.02; p < .03$ ).

Die Analyse der N400 ergab schließlich signifikante Haupteffekte für KATEGORIE ( $F[1,38] = 95.18; p < .001$ ), ART ( $F[1,38] = 29.45; p < .001$ ) und PRIMING ( $F[1,38] = 20.21; p < .001$ ). Signifikante Interaktionen wurden für ART und KATEGORIE ( $F[1,38] = 62.44; p < .001$ ), ART und PRIMING ( $F[1,38] = 87.25; p < .001$ ), KATEGORIE und PRIMING ( $F[1,38] = 10.72; p < .002$ ) und ART, KATEGORIE und PRIMING ( $F[1,38] = 6.06; p < .018$ ) gefunden. Daraufhin wurden Anschlußtests separat für beachtete Wörter/unbeachtete # # # und beachtete # # #/unbeachtete Wörter durchgeführt. Beachtete Wörter/unbeachtete # # # zeigten Haupteffekte von KATEGORIE ( $F[1,38] = 106.20; p < .001$ ) und von PRIMING ( $F[1,38] = 73.75; p < .001$ ), die in der Abbildung 8.4 dargestellt sind. Außerdem fand sich eine signifikante Interaktion von KATEGORIE und PRIMING ( $F[1,38] = 14.01; p < .001$ ) die nach KATEGORIE weiter aufgelöst wurde.

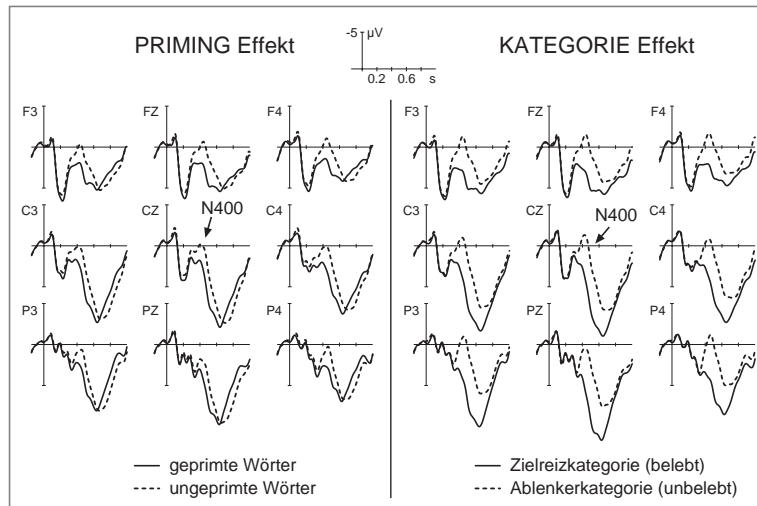


Abbildung 8.4: Experiment 6. Darstellung des KATEGORIE (links) und PRIMING (rechts) Effekts für beachtete Wörter auf ausgewählten Elektroden.

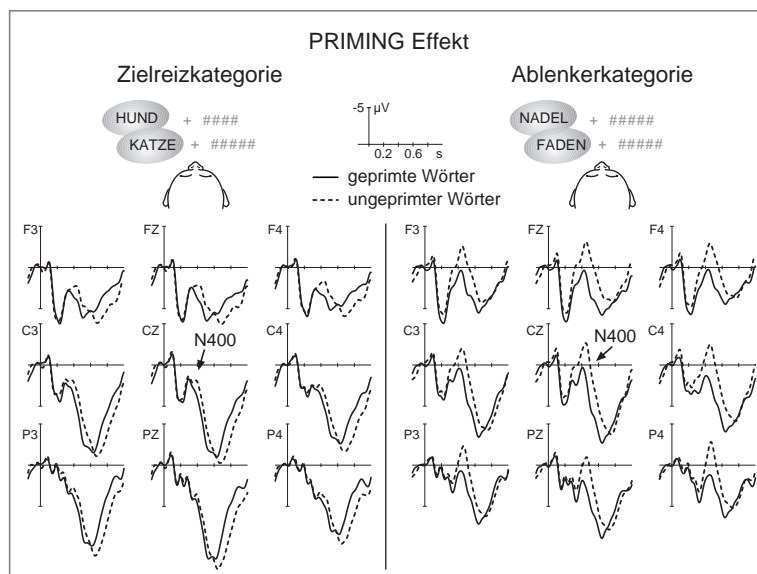


Abbildung 8.5: Experiment 6. Darstellung des PRIMING Effekts für Mitglieder der Zielreizkategorie (links) und der Ablenkerkategorie (rechts) für beachtete Wörter auf ausgewählten Elektroden.



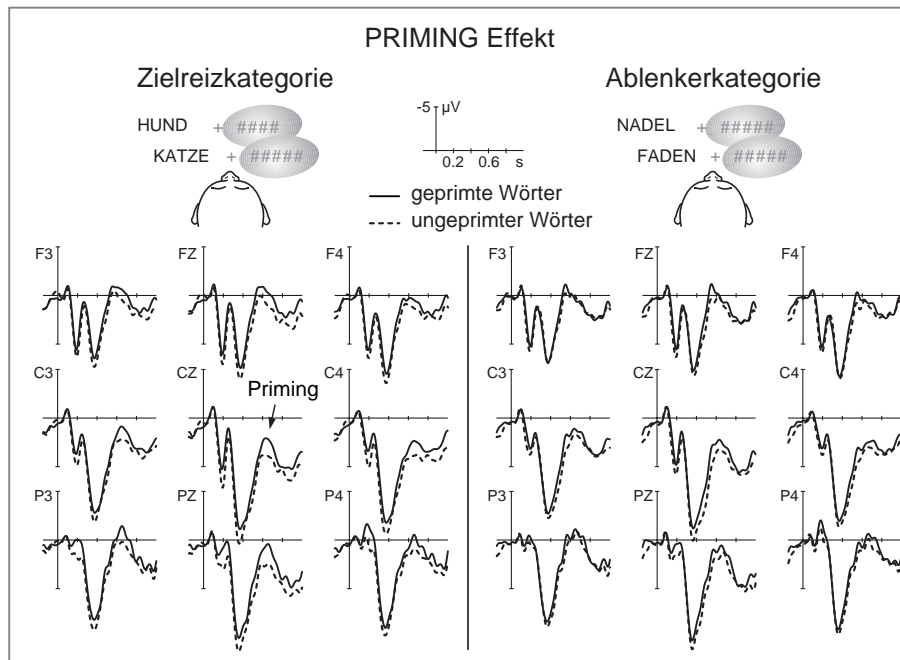


Abbildung 8.6: Experiment 6. Darstellung des PRIMING Effekts für Mitglieder der Zielreizkategorie (links) und der Ablenkerkategorie (rechts) für unbeachtete, auf der linken Bildschirmhälfte präsentierte Wörter auf ausgewählten Elektroden.

Die Anschlußtests ergaben einen signifikanten Faktor PRIMING sowohl für die Zielreizkategorie ( $F[1,38] = 6.94; p < .012$ ), als auch für die Ablenkerkategorie ( $F[1,38] = 64.77; p < .001$ ). Die PRIMING Effekte für beide Gruppen sind in Abbildung 8.5 dargestellt. Die Analyse der beachteten ###/unbeachteten Wörter ergab keinen signifikanten Effekt für PRIMING, KATEGORIE oder eine Interaktion der beiden.

Die Analyse des KAT Zeitfensters ergab eine signifikante Interaktion von KATEGORIE, PRIMING und SEITE ( $F[1,38] = 6.06; p < .018$ ), die nach SEITE weiter aufgelöst wurde. Während für die Darbietung unbeachteter Wörter auf der rechten Seite kein Effekt von KATEGORIE oder PRIMING nachweisbar war ( $p > .1$ ), wurde für die linke Seite eine signifikante Interaktion von KATEGORIE und PRIMING gezeigt ( $F[1,19] = 10.72; p < .002$ ). Die anschließende Auflösung der Interaktion nach KATEGORIE zeigte einen PRIMING Effekt ausschließlich für Mitglieder der Zielreizkategorie ( $F[1,19] = 12.22; p < .002$ ), aber nicht für Mitglieder der Ablenkerkategorie ( $p > .9$ ). Die PRIMING Effekte für beide Ka-

tegorien bei einer Darbietung unbeachteter Wörter auf der linken Seite sind in Abbildung 8.6 dargestellt.

Um zu bestimmen, ob der KAT-Effekt für die unbeachtete Wortpräsentation im EEG nachweisbar war, wurden für die Präsentation auf der rechten und der linken Bildschirmhälfte die Reize mit der höchsten Integrationswahrscheinlichkeit (Zielreizkategorie, geprimt) mit den Reizen der geringsten Integrationswahrscheinlichkeit (Ablenkerkategorie, ungeprimt) verglichen. Wiederum konnte ein Effekt für die Darbietung unbeachteter Wörter auf der linken Bildschirmhälfte ( $F[1,19] = 6.25; p < .02$ ), aber nicht für die Darbietung auf der rechten Bildschirmhälfte gefunden werden ( $p > .6$ ). Die EKPs des Vergleichs für die KAT-Effekte sind für beide Bildschirmseiten in Abbildung 8.7 dargestellt.

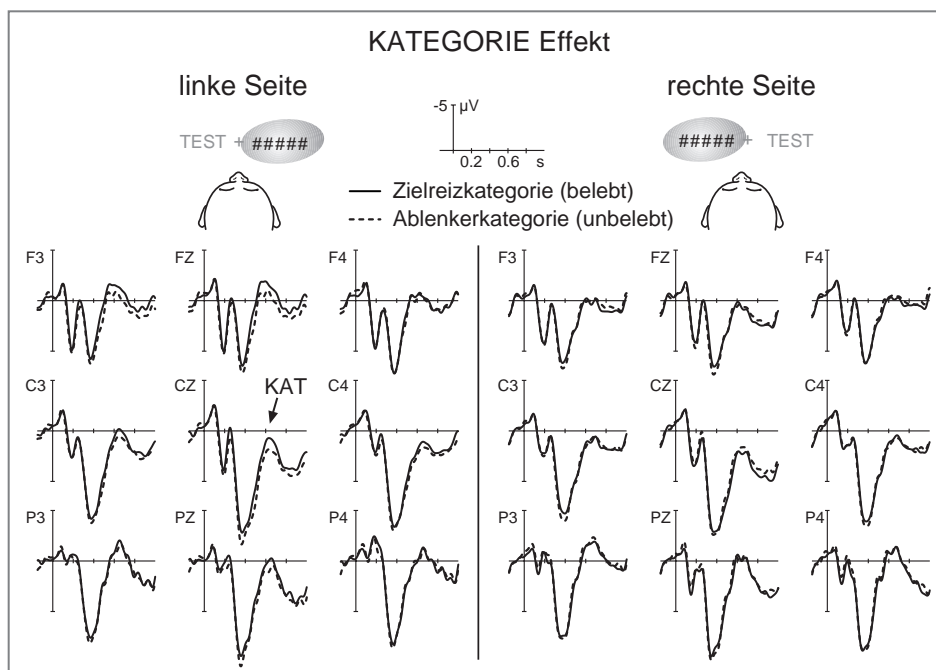


Abbildung 8.7: Experiment 6. Darstellung des KAT-Effekts für unbeachtete Wörter auf der linken und rechten Bildschirmseite auf ausgewählten Elektroden.

Die visuelle Analyse der Augenkanäle ergab Augenbewegungen vergleichbar zu den vorausgegangenen Experimenten (siehe Abbildung 8.8). Alle Versuchspersonen wurden hinsichtlich der Richtung der Augenbewegungen inspiziert. Bei allen Bedingungen und Versuchspersonen wurden minimale Augenbewegungen

zur beachteten Seite hin visuell erkannt. Die Analysen der Augenbewegungen ergaben einen signifikanten Effekt des Faktors ART für Beachtung der rechten und der linken Seite im N400 Zeitfenster (Links:  $F [1,19] = 14.15$ ;  $p > .001$ ; Rechts:  $F [1,19] = 10.85$ ;  $p < .003$ ) und im KAT Zeitfenster (Links:  $F [1,19] = 29.56$ ;  $p > .001$ ; Rechts:  $F [1,19] = 18.73$   $p < .001$ ).

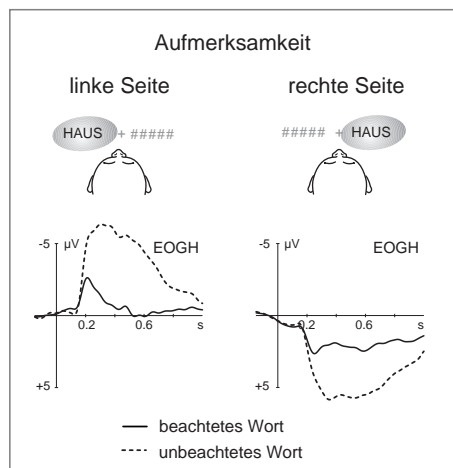


Abbildung 8.8: Experiment 6. Darstellung der Augenbewegungen für Aufmerksamkeitsfokussierung auf die rechte und linke Bildschirmseite und beachtete Wörter und beachtete Gartenzäune (###).

### 8.2.6 Diskussion

Das vorliegende Experiment manipulierte Prime-Target Relationen auf der beachteten und unbeachteten Seite um eine Interpretation der dem KAT-Effekt zugrunde liegenden Prozesse zu ermöglichen. Der KAT-Effekt wurde repliziert, ein Priming Effekt für unbeachtete Wörter wurde ausschließlich für die Zielreizkategorie nachgewiesen. Diese Ergebnisse wurden abhängig von der beachteten Bildschirmseite gefunden und werden im Folgenden hinsichtlich ihrer Evidenz für zugrundeliegende Hemmungs- oder Integrationsprozesse diskutiert.

#### *Die Verarbeitung beachteter Wörter*

Für beachtete Wörter konnten sowohl auf behavioraler als auch auf elektrophysiologischer Ebene bereits publizierte Effekte repliziert werden. Behavioral waren klare Priming Effekte innerhalb der Ziel- und Ablenkerkategorien nachweisbar, die mit dem generellen Priming Effekt für die Zielreizkategorie interagierten (Neely, 1991). Elektrophysiologisch wurden Modulationen der N400 Amplitude für Priming auf Wortebene (Brown & Hagoort, 1993) und auf Kategorieebene (Kutas & Iragui, 1998) gezeigt. Der Kategorieeffekt ist als Priming Effekt diskutierbar, weil die Vorgabe einer Zielreizkategorie ebenfalls ein Erwartungsset an

Wörtern voraktiviert und damit deren Identifikation und Integration genau wie beim Wort-zu-Wort Priming erleichtert.

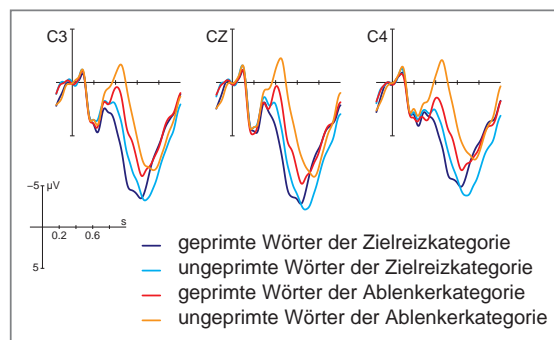


Abbildung 8.9: Experiment 6. Darstellung der EKPs für geprimte und ungeprimte beachtete Wörter der Zielreiz- (belebt) und Ablenkerkategorie (unbelebt) auf ausgewählten zentralen Elektroden.

Zusätzlich zu diesen bereits bekannten Ergebnissen konnte gezeigt werden, wie die N400 Modulationen dieser zwei Priming Vorgänge interagieren und sich gegenseitig beeinflussen. Dabei wurde deutlich, daß im vorliegenden Paradigma das Priming durch die Zielkategorie eine stärkere N400 Modulation bewirkte als das Priming durch das vorausgegangene Wort. Wie in Abbildung 8.9 gut zu erkennen ist, weißt ein ungeprimtes Wort der Zielreizkategorie eine geringere N400 Amplitude auf als ein geprimtes Wort der Ablenkerkategorie. Dieser Vergleich zeigt deutlich den größeren Einfluß des Primings durch die Zielkategorie im Vergleich zum Wort-zu-Wort Priming beider Kategorien. Das durch die vorgegebene Zielreizkategorie erstellte Erwartungsset ist für den Hauptteil der Voraktivierung der präsentierten belebten Objekte verantwortlich. Das durch das vorausgehende Wort erfolgte Priming spielt bei der Zielreizkategorie nur eine untergeordnete Rolle. Die Amplitude der N400 verringert sich in dem Maße, wie das präsentierte Wort durch die zwei konstruierten Erwartungssets voraktiviert werden konnte. Da die Interaktion von Priming auf Wort- und Kategorieebene keinerlei statistische Hinweise auf qualitative Unterschiede erbracht hat, muß im Augenblick von einem graduellen Effekt der zwei Priming Prozesse auf die Amplitude der N400 ausgegangen werden.

#### Die Verarbeitung unbeachteter Wörter

Die behavioralen Daten zeigten keinerlei Effekte, die auf eine Verarbeitung der unbeachteten Wörter schließen ließe. Alle beobachteten Effekte lassen sich auf den Wechsel von Wörtern auf # # # auf der beachteten Seite zurückführen. Keinerlei Priming-Effekte waren für unbeachtete Wörter nachweisbar. Es wurde keine behaviorale Evidenz für Priming Effekte bei zeitlich aufeinander folgenden Prime-Target Paaren gefunden, wie dies von Fuentes & Tudela (1992) oder Fuentes et al. (1994) unter anderem berichtet wurde. Die behavioralen Priming Effekte in der Fuentes & Tudela (1992) Studie wurden unter ähnlichen Präsentationsbe-

dingungen wie im vorliegenden Experiment evoziert, das Priming Design weist jedoch einen entscheidenden Unterschied auf. Während im vorliegenden Experiment sowohl Prime als auch Target Reize unbeachtet präsentiert wurden, sind in den anderen Studien (Fuentes & Tudela, 1992; Fuentes, Carmona, Agis & Catena, 1994) nur die Prime Reize unbeachtet, die Target Reize aber beachtet präsentiert worden. Eine ERP Studie zum Wiederholungspriming (Otten et al., 1993) und eine weitere EKP Studie die farbkodierte Aufmerksamkeit manipulierte (Kellenbach & Michie, 1996) konnten jedoch zeigen, daß sich bei beachteter Darbietung eines Teils des Prime-Target Paares und bei unbeachteter Darbietung des gesamten Paares unterschiedliche Prozesse abzuspielen scheinen. Die berichteten behavioralen Priming Ergebnisse (Fuentes & Tudela, 1992; Fuentes, Carmona, Agis & Catena, 1994, und ähnliche) scheinen daher von der beachteten Darbietung des Target Reizes abhängig zu sein und sind nicht mit der vorliegenden Untersuchung vergleichbar.

#### *Hemmung oder Integration?*

Im EKP konnte für unbeachtete Wörter ein KAT-Effekt gezeigt werden. Dieser Effekt wird im folgenden hinsichtlich seiner möglichen Interpretation als Abbildung von Hemmungsprozessen oder Integrationsprozessen diskutiert werden. Es sind zwei verschiedene Ursachen für einen Hemmungsprozeß denkbar. Er könnte einerseits durch mit Reaktionen gekoppelte, unbeachtete Reize verursacht werden oder andererseits aufgrund sprachspezifischer Aktivierung unbeachteter Reize auftreten. Die im KAT-Effekt miteinander verglichenen Bedingungen, die unbeachteten Wörter der Zielreiz- und der Ablenkerkategorie, erforderten im vorliegenden Experiment beide eine Reaktion, einen Tastendruck. Dies gilt nicht nur für den Fall, daß nur die Reize auf der beachteten Seite als kritisch für die Reaktionserzeugung betrachtet wurden sondern auch wenn die Reize auf der unbeachteten Seite mit berücksichtigt werden. Das Vorhandensein eines KAT-Effekts in Experiment 6 spricht daher dagegen, daß der in den vorausgegangenen Experimenten beobachtete KAT-Effekt auf das Go/NoGo Paradigma und die daraus resultierende Koppelung von Zielreizen mit Reaktionen zurückzuführen war (Driver & Tipper, 1989). Eine Hemmung unbeachteter Reize allein aufgrund ihrer Koppelung mit einer auszuführenden Reaktion kann damit nicht bestätigt werden.

Ein Priming Effekt für unbeachtete Wörter konnte nur für Mitglieder der Zielreizkategorie, nicht jedoch der Ablenkerkategorie gezeigt werden. Diese komplexe Interaktion von kategoriellern und Wort-zu-Wort Priming kann nicht durch eine einfache Hemmung der unbeachteten Wörter erklärt werden. Eine Hemmung der fälschlicherweise aktivierten, unbeachteten Wörter hätte im Besonderen die Mitglieder der Zielreizkategorie, die durch ihre Kategoriezugehörigkeit geprimt worden waren, betreffen müssen. Da hier eine unbeabsichtigte Aktivierung im

hohen Maße wahrscheinlich gewesen wäre, hätte daraufhin eine besonders starke Hemmung stattfinden müssen, um eine Aktivierung zu verhindern. Der beobachtete KAT-Effekt für unbeachtete Wörter würde dann als aktiver Hemmprozeß der Mitglieder der Zielreizkategorie beginnend bei ca. 400 ms nach Reizpräsentation interpretiert werden. Der beobachtete Priming Effekt des Wort-zu-Wort Primings beginnt jedoch ebenfalls nach 400 ms und ist ausschließlich für Wörter der Zielreizkategorie nachweisbar. Ein Wort-zu-Wort Priming, das sich auf die Kategoriezugehörigkeit des Prime und Target Reizes gründet, wie im vorliegenden Fall, könnte also gar nicht stattgefunden haben, wenn die lexikalische/post-lexikalische Integration der unbeachteten Reize gehemmt worden wäre und damit ein Zugriff auf die Kategoriezugehörigkeit nicht möglich gewesen wäre.

Eine Besonderheit des aufgetretenen Priming-Effekts für die Zielreizkategorie der unbeachteten Wörter ist, daß er in Latenz und Funktionalität eher dem KAT-Effekt als einer N400 Modulation entspricht. Die üblicherweise für beachtete Wörter beobachtete N400 Modulation für geprimte vs. ungeprimte Wörter ist z.B. recht gut im vorliegenden Experiment für die Verarbeitung beachteter Wörter dargestellt. Die N400 Amplitude erhöht sich mit der Schwierigkeit der lexikalischen/post-lexikalischen Abrufprozesse und ist daher für ungeprimte Wörter höher als für geprimte. Im vorliegenden Fall besteht der beobachtete Priming Effekt der unbeachteten Wörter aber in einer erhöhten Amplitude der Negativierung für die geprimten Wörter.

Daher könnte geltend gemacht werden, daß dieser Priming-Effekt vielleicht ebenso wie der KAT-Effekt einen aktiven Hemmungsprozeß abbildet, der für die geprimten Wörter der Zielreizkategorie eine besonders starke Unterdrückung vorsieht, da sie besonders stark voraktiviert worden sind.

Gegen diese Interpretation sprechen zwei Beobachtungen. Kein Effekt wurde gefunden, der unterstützen würde, daß auch geprimte Reize der Ablenkerkategorie irgendeiner verstärkten Hemmung unterliegen. Die EKPs der geprimten und ungeprimten Wörter der Ablenkerkategorie unterschieden sich in keiner Weise. Wenn das Wort-zu-Wort Priming zu einer erhöhten Aktivierung der geprimten Wörter geführt hat, wie es aufgrund der EKPs für die beachteten Wörter anzunehmen ist, so sollte auch in diesem Falle eine Hemmung fälschlicherweise aktivierter Wörter erfolgt sein. Eine andere Beobachtung, die gegen Hemmung als Regulativ des KAT-Effektes und des beobachteten Priming Effektes für unbeachtete Wörter spricht, ist der verhältnismäßig große Priming Effekt für unbeachtete Wörter. Im Vergleich mit dem KAT-Effekt ist der Priming Effekt für unbeachtete Wörter weit über die Kopfoberfläche verteilt und weist eine größere Amplitude auf. Die Ergebnisse des vorliegenden Experiments für die Verarbeitung von Wörtern auf der beachteten Seite zeigten jedoch klar, daß vor allem die Zugehörigkeit zur Ziel-

reizkategorie und nicht so sehr der Priming Status des Wort-zu-Wort Primings für einen erleichterten Abrufprozeß verantwortlich ist. Wenn man davon ausgeht, daß dies auch für die Verarbeitung unbeachteter Wörter zutrifft, so hätte der KAT-Effekt größer als der Priming Effekt für unbeachtete Wörter ausfallen sollen. Die „Größe“ von Effekten kann zwar nicht ohne weiteres per Augenschein richtig eingeschätzt werden, da Abweichungen innerhalb der Bedingungen so nicht berücksichtigt werden. Die Tatsache, daß die Effekte auf unterschiedlichen Niveaus signifikant wurden (KAT-Effekt bei  $p < .02$ ; Priming Effekt bei  $p < .002$ ), spricht andererseits ebenfalls für einen stärkeren Priming Effekt und einen schwächeren KAT-Effekt für unbeachtete Wörter.

Gegen eine Interpretation des KAT-Effekts als Reflexion eines aktiven Hemmprozeß spricht das Fehlen eines Effektes für unbeachtete geprimte Reize der Ablenkerkategorie und der im Vergleich zum Priming Effekt für Reize der Zielreizkategorie verkleinerte KAT-Effekt.

Die vorliegenden Ergebnisse gehen mit einer Interpretation des KAT-Effektes als Integrationsprozeß für unbeachtete Wörter konform. Wenn für unbeachtete Wörter die Integration mit einer erhöhten Negativierung im Zeitfenster von ca. 400-900ms einhergeht, so sollte die Nutzung der Kategorieinformation eines Wortes nur für Stimuli der Zielreizkategorie möglich sein, da allein diese Stimuli vielleicht aufgrund beschränkter Ressourcen - vollständig integriert worden sind.

Daraus folgt, daß nur Reize der Zielreizkategorie ein Wort-zu-Wort Priming ermöglichen, welches sich auf Unterkategorien stützt. Die erhöhte Wahrscheinlichkeit einer Integration, die für die geprimten im Vergleich zu den ungeprimten Wörtern gegeben ist, sollte sich in einem dem KAT-Effekt ähnelnden Effekt niederschlagen, in dem eine höhere Negativierung für geprimte Wörter deutlich wird. Dies entspricht unseren Ergebnissen und dem beobachteten Priming Effekt für Mitglieder der Zielreizkategorie.

#### *Einordnung in bestehende Evidenzen*

In diesem Zusammenhang können die für unbeachtetes Wiederholungspriming beobachteten frontalen Negativierung (Otten et al., 1993; Yamagata et al., 2000) neu gedeutet werden. Die höhere Negativierung, die für unbeachtete, wiederholt präsentierte Wörter im Vergleich zu neu präsentierten Wörtern gemessen wurde, könnte ebenfalls eine ausschließliche Integration der wiederholten unbeachteten Wörter widerspiegeln. Obwohl Wiederholungspriming innerhalb einer Modalität hauptsächlich durch einen einfachen Mustervergleich getrieben ist, wird doch die Weiterverarbeitung aller Wörter über den prä-lexikalischen Bereich hinaus durch die vorgegebene lexikalische Entscheidungsaufgabe bedingt. Daß sich der KAT-Effekt auch durch prä-lexikalisches Abgleichen von Merkmalen evozieren läßt, könnte darauf hinweisen, daß auch frühzeitige Wortverarbeitungsprozesse Einfluß auf die Integrationsleistung bei unbeachteten Wörtern haben.

Die Divergenz der behavioralen und EKP Daten im vorliegenden Experiment ist durch die Natur der Distraktoren zu erklären. Da die Verarbeitung der unbeachteten Wörter Hand in Hand mit der Verarbeitung beachteter ### geht und die Zuordnung dieser Distraktoren zu den Ablenkern relativ leicht ist, erfolgt nach ca. 400 ms bereits eine Entscheidung und der Knopfdruck. Die Verarbeitung unbeachteter Wörter kann im EKP aber erst ab ca. 400 ms nachgewiesen werden, so daß die entscheidende Verarbeitung der unbeachteten Wörter zu einem Zeitpunkt geschieht, zu dem die behaviorale Antwort bereits erfolgt ist. Dies mag ein Grund sein, daß keinerlei Einfluß der unbeachteten Wortverarbeitung in den behavioralen Daten erkennbar ist. Bei der Präsentation von Wortmaterial auf der beachteten und unbeachteten Seite ist die Verarbeitung des beachteten Materials im Vergleich zu den beachteten ### verlängert, so daß daher die unbeachteten Wörter eher eine Möglichkeit haben, sich auf die Reaktion des beachteten Materials auszuwirken.

Die EKP Ergebnisse der vorliegenden Studie weisen für die Verarbeitung unbeachteter Wörter einen Effekt der Bildschirmseite, auf der die Präsentation der unbeachteten Stimuli stattfand, auf. Die bis zu diesem Zeitpunkt berichteten Effekte für unbeachtete Wörter sind auf die Präsentation unbeachteter Wörter auf der linken Bildschirmseite beschränkt. Keinerlei Wortverarbeitung konnte für die Präsentation unbeachteter Wörter auf der rechten Bildschirmseite gezeigt werden. Wie ist diese Hemisphärenspezifität zu erklären und warum ist sie in den vorangegangenen Experimenten nicht aufgetreten?

Unterschiedliche Hemisphärenspezialisierung in der semantischen Sprachverarbeitung ist durch eine Reihe von Priming Studien belegt. Chiarello, Burgess, Richards & Pollock (1990) konnten durch die Manipulation der semantischen Beziehungen zwischen Prime und Target Reizen zeigen, daß assoziativ und kategoriell verbundene Prime-Target Paare einen Priming Effekt für die Präsentation auf beiden visuellen Halbfeldern aufweisen. Die ausschließlich kategoriell miteinander relatierten Prime-Target Paare zeigten jedoch nur einen Priming Effekt, wenn sie auf dem linken Halbfeld, also von der rechten Hemisphäre verarbeitet wurden. Diese Ergebnisse wurden als Evidenz gedeutet, daß die rechte Gehirnhälfte eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung von Wortbedeutungen und generell weit verzweigten semantischen Verbindungen spielt (Chiarello et al., 1990).

In anderen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß die rechte Hemisphäre in Priming Paradigmen von einem weiter verzweigten Netzwerk an semantisch relatierten Wörtern und auch von weniger stark relatierten Wörtern mehr profitiert als die linke Hemisphäre (Beeman, Friedman, Grafman & Perez, 1994). Anhand der Manipulation von SOAs (Stimulus Onset Asynchronies) konnte gezeigt werden, daß durch die rechte Hemisphäre aktivierte Information länger zur Verfügung steht als durch die linke Hemisphäre aktivierte Information (Burgess & Lund, 1998).



Die vorliegende Untersuchung paßt sich gut in die bisherigen experimentellen Evidenzen ein. Da keine Manipulation der Prime-Target Relation stattgefunden hat, kann nur eine post-hoc Einschätzung der Art der Relation stattfinden. Das besondere Augenmerk der Kategoriezugehörigkeiten spricht jedoch für ein starkes kategorielles Priming, das besonders gut durch die rechte Hemisphäre umgesetzt werden kann (Chiarello et al., 1990). Auch die größere Robustheit der rechten Hemisphäre in Bezug auf Zeit und Relationsentfernung (Beeman, Friedman, Grafman & Perez, 1994; Burgess & Lund, 1998) spricht dafür, daß unbeachtetes Priming, dem limitierte Ressourcen unterliegen und dessen Verarbeitungsprozesse wahrscheinlich nicht optimiert sind, besonders erfolgreich durch die rechte Hemisphäre umgesetzt wird. Der im vorliegenden Experiment gezeigte Hemisphärenunterschied für unbeachtetes Priming könnte außerdem durch eine Funktion der linken Hemisphäre verstärkt worden sein. Gerade für längere SOAs konnte gezeigt werden, daß in besonderem Maße die linke Hemisphäre nicht unmittelbar relatierte Wortpaare inhibiert (Nakagawa, 1991). Daher könnte eine Hemmung des Priming Effekts durch die linke Hemisphäre und relativ optimale Voraussetzungen für denselben Effekt in der rechten Hemisphäre die im vorliegenden Experiment beobachtete Hemisphärenspezifität verursacht haben. Die Tatsache, daß in den vorausgegangenen Experimenten keine Lateralisation des KAT-Effekts zu beobachten war, ist möglicherweise durch eine komplexe Interaktion des Wort-zu-Wort Priming Paradigmas mit dem KAT-Effekt zu erklären, weitere Untersuchungen sind daher notwendig, um diese Daten genau interpretieren zu können.

## Kapitel 9

# Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Dissertation hat es sich zum Ziel gesetzt, die Interaktion von visueller Sprachverarbeitung mit selektiver Aufmerksamkeit zu untersuchen. Im Speziellen sollte untersucht werden, zu welchem Zeitpunkt Selektionsmechanismen in der Sprachverarbeitung Einfluß nehmen und welche Auswirkungen diese auf die Wortverarbeitung haben. Um darzustellen, welchen Einfluß Aufmerksamkeit auf die visuelle Wortverarbeitung hat, wurde die semantische Verarbeitung räumlich unbeachteter Wörter mittels einer Kategorisierungsaufgabe untersucht. Die gewählte Methode der Ereigniskorrelierten Potentiale (EKPs) ermöglichte dabei eine genaue Darstellung der zeitlichen Abfolge und der beteiligten Prozesse bei der beachteten und unbeachteten Wortverarbeitung. Die vorliegende Arbeit hat wichtige Ergebnisse zu den Verarbeitungsmöglichkeiten unbeachteter Wörter hinsichtlich der Zeitstruktur, beteiligter Aufmerksamkeitsmechanismen und zugrundeliegender sprachlicher Prozesse erbracht und vorhergehende Ergebnisse zur Verarbeitung beachteter Wörter bestätigt. Diese Ergebnisse ermöglichen es, ein differenziertes Bild der Interaktion von Aufmerksamkeit und visueller Sprachverarbeitung zu erstellen. Desweiteren wurde Evidenz berichtet, die zur Erweiterung theoretischer Ansätze im Bereich der Worterkennung und selektiven Aufmerksamkeit führt. Folgende offene Fragen zur visuellen Wortverarbeitung bildeten die Ausgangsposition und Motivation der vorliegenden Dissertation:

- Wann findet die erste Selektion von Stimuli durch Aufmerksamkeit im Sprachprozeß statt und welcher Natur ist eine erste Selektion? Kann unbeachtete Wortverarbeitung nach der ersten Selektion stattfinden?
- Unterliegen der Verarbeitung räumlich beachteter und unbeachteter Wörter unterschiedliche oder gleiche Prozesse?

- Welche Aufmerksamkeitsmechanismen sind an der Verarbeitung unbeachteter Wörter beteiligt?

Die auf diese Fragestellungen bezogenen Ergebnisse der durchgeführten Experimente werden im Folgenden dargestellt.

In Experiment 1 wurde ein klassisches psycholinguistisches Paradigma, eine semantische Kategorisierungsaufgabe mit einer Manipulation der räumlichen selektiven Aufmerksamkeit verbunden. Wörter wurden in der rechten oder linken Bildschirmhälfte präsentiert und die Probanden instruiert, selektiv nur Reize auf einer Bildschirmhälfte zu beachten. Für die beachteten Reize mußte eine Zuordnung zu einer semantischen Kategorie erfolgen. Diese Manipulation von räumlicher Aufmerksamkeit und anspruchsvoller Sprachverarbeitung sollte angelehnt an bereits vorhandene Studien (vor allem McCarthy & Nobre, 1993) die Möglichkeit der räumlich unbeachteten semantischen Wortverarbeitung elektrophysiologisch untersuchen und gleichzeitig von räumlichen Selektionsprozessen absetzen. Außerdem ermöglichte dieses experimentelle Paradigma, das als Grundgerüst über alle Experimente der vorliegenden Arbeit beibehalten wurde, Variationen in Aufgabenstellung und Distraktorenpräsentation. Dadurch konnten in späteren Experimenten Aspekte der Kontrolle und die Natur der beteiligten Aufmerksamkeitsmechanismen herausgearbeitet werden.

In Experiment 1 konnte ein Kategorieeffekt für beachtete und unbeachtete Wörter gezeigt werden. Sowohl beachtete als auch unbeachtete Wörter konnten in ihre passende semantische Kategorie eingeordnet und aufgrund ihrer Kategoriezugehörigkeit unterschieden werden. Während für beachtete Wörter eine erhöhte N400 für die Ablenkerkategorie repliziert wurde (Kutas & Iragui, 1998), konnte für unbeachtete Wörter eine spätere frontale Negativierung für die Zielreizkategorie statistisch bestätigt werden (KAT-Effekt genannt). Experiment 1 zeigte, daß die semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter unabhängig von einem frühen räumlichen in der P100 gespiegelten Selektionsmechanismus ist. Das Vorhandensein einer Modulation der P100 Komponente bestätigte allerdings eine frühe Unterscheidung in räumlich beachtete und unbeachtete Reize (Mangun & Hillyard, 1990). Die Frage nach der Natur dieses frühen Selektionsmechanismus konnte aufgrund der sich anschließenden Verarbeitung räumlich unbeachteter Reize beantwortet werden. Verschiedene Untersuchungen (u.a. Hillyard & Münte, 1984) berichteten Ergebnisse, die darauf hindeuteten, daß die räumliche Selektion als Filter für die sich anschließende Verarbeitung dient, d.h., daß nur räumlich selektierte Reize eine anschließende Verarbeitung erfahren. Dies wurde in theoretischen Ansätzen der frühen Selektion (Treisman, 1988) aufgegriffen und die räumliche Aufmerksamkeit als Voraussetzung der vollständigen Merkmalsanalyse propagiert. Das vorliegende Experiment widersprach dem ebenso wie andere

Studien zur Verarbeitung unbeachteter Wörter (Kellenbach & Michie, 1996; Otten, Rugg & Doyle, 1993; Yamagata, Yamaguchi & Kobayashi, 2000) und lieferte Evidenz für einen zugrundeliegenden Modulationsfilter (u.a. Broadbent, 1971) und keinen absoluten Selektionsfilter (u.a. Hansen & Hillyard, 1983). Räumlich beachtete Reize werden verstärkt, aber räumlich unbeachtete Reize werden nicht aus der Verarbeitung entfernt. Die Annahme eines der P100 Komponente zugrundeliegenden Modulationsfilters kann sich auf eine Vielzahl von Untersuchungen besonders zu komplexem Material wie Wörtern berufen, bei denen eine Verarbeitung räumlich unbeachteten Materials nicht auszuschließen war. Experiment 1 relativierte die Untersuchung von McCarthy & Nobre (1993) hinsichtlich der semantischen Verarbeitung unbeachteter Wörter. Bei der in der vorliegenden Untersuchung gewählten horizontalen Präsentationsform und dem vergleichsweise geringen räumlichen Abstand von beachteten und unbeachteten Positionen war die grundsätzliche Verarbeitung räumlich unbeachteter Wörter nach einer ersten räumlichen Selektion möglich. Dies weist darauf hin, daß der fehlende Nachweis eines elektrophysiologischen Korrelats für unbeachtete semantische Wortverarbeitung bei McCarthy & Nobre (1993) möglicherweise auf der vertikalen Reizdarbietung beruhte und damit nicht grundsätzlich die Verarbeitung räumlich unbeachteter Reize widerlegt, sondern eher eine hohe Spezialisierung der Wahrnehmung von sprachlichem Material belegt.

Die unterschiedlichen EKP Effekte für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung erschwerten die klare Einordnung der Ergebnisse in Theorien der frühen (Treisman, 1988) oder späten Selektion (Duncan, 1980), da in keinem der beiden Ansätze eine unterschiedliche Verarbeitung für beachtete und unbeachtete Wörter postuliert wurde. Theoretische Ansätze zur frühen Selektion gehen davon aus, daß unbeachtete Wörter ausschließlich als „Nebeneffekt“ der Verarbeitung beachteter Wörter eine semantische Verarbeitung erfahren (Broadbent & Gathercole, 1990). Dies kann durch eine fehlerhafte Kontrolle der selektiven Aufmerksamkeit oder eine Identifikation ohne vollständige Merkmalsanalyse - bedingt durch eine hohe Salienz unbeachteter Wörter - verursacht sein. Die hier postulierte Verarbeitung unbeachteter Wörter unterscheidet sich nicht von der beachteter Wörter, außer bei hochgradig wiederholten oder hoch salienten Reizen, bei denen keine vollständige Zusammenbindung aller Merkmale vor der Identifikation stattfindet. Daher konnten die in der vorliegenden Arbeit beobachteten unterschiedlichen lexikalischen/post-lexikalischen Prozesse für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung innerhalb dieses Ansatzes nicht erklärt werden.

In theoretischen Ansätzen zur späten Selektion (z.B. Duncan, 1980) wird von einer identischen und vollständigen Verarbeitung beachteter und unbeachteter Reize bis zur Identifikation ausgegangen. Anschließend steht die Zuordnung der Re-

aktionen zu spezifischen Reizen im Vordergrund. Da von einer Verarbeitung aller Reize bis zur Identifikation ausgegangen wird, besteht anschließend eine Konkurrenz zwischen Reizen, auf die reagiert werden muß (beachteten und unbeachteten Zielreizen), wobei letztere gehemmt werden müssen. Unter Berücksichtigung dieses theoretischen Ansatzes könnte der KAT-Effekt in Zusammenhang mit Reaktionsbindung von Reizen und Hemmungsmechanismen gebracht werden. Auf diese Interpretation wurde in Experiment 6 eingegangen.

Angeregt durch Fuentes et al. (1994), die die Möglichkeit einer unterschiedlichen Verarbeitung beachteter und unbeachteter Wörter in Betracht zogen und automatische Verarbeitung unbeachteter Wörter postulierten, wurde die Frage nach den beteiligten Aufmerksamkeitsmechanismen und der Natur der Verarbeitung (kontrolliert vs. automatisch) zum Schwerpunkt der folgenden Experimente. Um eine genaue Einordnung des semantischen Effektes für unbeachtete Wörter in theoretische Überlegungen zur Wahrnehmung und Aufmerksamkeit zu ermöglichen, mußten möglichst präzise Aussagen über die in Experiment 1 beteiligten Aufmerksamkeitsprozesse gemacht werden. Die Ausgangsposition für Experiment 2 war daher die Überprüfung der prä-lexikalischen Prozesse, die zur beachteten und zur unbeachteten Wortverarbeitung geführt hatten. Die Entscheidung zwischen automatischen, aufmerksamkeitsunabhängigen und kontrollierten von Aufmerksamkeit abhängigen Prozessen sollte durch eine Manipulation der Aufgabenstellung erreicht werden (Schneider, Dumais & Shiffrin, 1984; Shiffrin, 1988). Da ein wichtiges Kennzeichen eines automatischen Prozesses seine unlimitierten Ressourcen sind, wurde eine zweite parallele Aufgabe im prä-lexikalischen Bereich (Buchstabendetektion) eingeführt, um die Resistenz der unbeachteten Wortverarbeitung gegen eine Ressourcenteilung zu untersuchen.

Während der Kategorieeffekt für beachtete Wörter repliziert werden konnte, gab es für unbeachtete Wörter keinen Kategorieeffekt. In den EKPs zeigte sich also keine Evidenz dafür, daß unbeachtete Wörter in ihre passende semantische Kategorie eingeordnet wurden. Diese Ergebnisse wurden als Hinweis dafür interpretiert, daß die prä-lexikalische Verarbeitung unbeachteter Wörter keinesfalls unabhängig von Aufmerksamkeit und nicht automatischer Natur ist. Die Erhöhung prä-lexikalischer Analyseprozesse durch eine Zweitaufgabe führte zum Verschwinden lexikalischer/post-lexikalischer Prozesse, so daß eine begrenzte teilbare Verarbeitungsressource für unbeachtete Wortverarbeitung vermutet wird, was auf eine Beteiligung selektiver Aufmerksamkeitsprozesse hindeutete. Es wurden keine Hinweise auf die automatische Verarbeitung unbeachteter Reize bis zur Identifikation gefunden. Diese Daten widersprechen somit späten Selektionstheorien (Duncan, 1980) und den Überlegungen von Fuentes et al. (1994). Die prä-lexikalische Verarbeitung unbeachteter wie beachteter Reize schien von

Aufmerksamkeitsprozessen abhängig zu sein, diese Gemeinsamkeit relativierte die nach Experiment 1 vermutete Unterschiedlichkeit der beachteten und unbeachteten Verarbeitungen.

Die Analyse der behavioralen Daten ließ einen in Experiment 1 und 2 nicht kontrollierten Einfluß der „Typikalität“ der Mitglieder der Zielreizkategorie vermuten, der sich auf EKPs ausgewirkt haben könnte (Fujihara et al., 1998; Heinze et al., 1998) und daher in einem sich anschließenden post-hoc Rating überprüft wurde. Nachdem eine unterschiedlich hohe Typikalität der Mitglieder der Zielreizkategorien in Experiment 1 und 2 festgestellt worden war, wurden beide Experimente wiederholt und die Typikalität permutiert. Die Ergebnisse der Experimente 3 und 4 sollten aufzeigen, ob der KAT-Effekt mit einer anderen Zielreizkategorie replizierbar war und unabhängig von der benutzten Kategorie eine Zweitaufgabe zum Verschwinden des KAT-Effekts führte. Desweiteren sollte die Annahme untersucht werden, daß die im KAT-Effekt gezeigte Identifikation unbeachteter Wörter auf deren hohe Salienz innerhalb einer Kategorie zurückzuführen sei, welche eine Identifikation ohne vollständige Merkmalsanalyse ermöglicht habe (Broadbent & Gathercole, 1990).

Experimente 3 und 4 replizierten die Daten von Experiment 1 und 2. Während die behavioralen Daten der beachteten Wortverarbeitung einen deutlichen Einfluß der Typikalität der Mitglieder der Zielreizkategorie erkennen ließen, konnte im speziellen für die Verarbeitung unbeachteter Wörter kein größerer Effekt der Typikalität gezeigt werden. Der KAT-Effekt konnte repliziert werden, das Verschwinden desselben bei Einführung einer Zweitaufgabe wurde ebenfalls bestätigt. Bei Erhöhung der Salienz der unbeachteten Zielreize in Experiment 3 durch eine Erhöhung der Typikalität der Mitglieder wurde keinerlei Vergrößerung des KAT-Effektes gezeigt, eher war eine Reduzierung im frontalen Bereich festzustellen. Damit konnte nicht bestätigt werden, daß dem KAT-Effekt eine Identifikation aufgrund isolierter Merkmale zugrunde liegt, die ihre Ursache in einer hohen Salienz der Mitglieder der Zielreizkategorie hat.

Das folgende Experiment sollte hinsichtlich der prä-lexikalischen Verarbeitung sowohl untersuchen, ob bei der Verarbeitung räumlich beachteter und unbeachteter Wörter unterschiedliche oder gleiche Prozesse beteiligt sind, als auch die beteiligten Prozesse möglichst genau spezifizieren. Um mehr über die beteiligten prä-lexikalischen Aufmerksamkeitsprozesse zu erfahren, wurde das bisher genutzte Paradigma nach dem Vorbild von Sprach- (Broadbent & Gathercole, 1990) und Lesestudien (Reichle et al., 1998) erweitert. In Experiment 5 wurde der präsentierte Distraktor näher an das Sprachmaterial geführt. Anstatt eines sprachunspezifischen komplexen Zeichens (#) wurden Buchstaben genutzt. Diese wurden so kombiniert, daß keinerlei Silben- oder gar Wortstruktur errichtet werden konnte, erreichten aber als Bedeutungseinheit eine höhere Verarbeitungsebene

in der Sprachwahrnehmung (Rumelhart & McClelland, 1982). Die Manipulation des Distraktormaterials sollte aufzeigen, inwieweit die Aufmerksamkeitsprozesse der beachteten und der unbeachteten Wortverarbeitung zusammenhängen und auf gemeinsame Ressourcen zurückgreifen.

Nach Manipulation der Distraktoren konnte für die unbeachteten Wörter kein KAT-Effekt mehr bestätigt werden, was auf einen Zusammenhang der prä-lexikalischen Prozesse für beachtete und unbeachtete Wortverarbeitung hinwies. Außerdem konnte eine EKP Komponente im Bereich der N200 isoliert werden, die abhängig von den für die beachteten Reize ablaufenden sprachspezifischen Prozessen einen verdeckten Aufmerksamkeitswechsel und dessen Kontrolle zu Gunsten der unbeachteten Wortverarbeitung spiegelte.

Im letzten Experiment wurde der Frage nachgegangen, welche Prozesse dem KAT-Effekt zugrunde liegen. Im Besonderen sollte in Experiment 6 untersucht werden, ob der KAT-Effekt auf lexikalische/post-lexikalische Hemmungsmechanismen zurückzuführen sei. Unter anderem Tipper, Driver & Weaver (1991) oder Lupiáñez et al. (2000) gehen davon aus, daß bei der Reizverarbeitung nicht nur Erleichterung, sondern auch Hemmung eine Rolle spielt und die Interaktion beider Prozesse die Mechanismen der Aufmerksamkeit beschreibt. In diesem theoretischen Rahmen hätte der KAT-Effekt daher die Reflexion eines aktiven Hemmungsmechanismus darstellen können, der unbeachtete Wörter der Zielreizkategorie selektiv hemmt, um ungewollte automatische Aktivierung dieser Wörter zu verhindern (Otten, Rugg & Doyle, 1993). Das Design von Experiment 1 wurde daher durch ein Priming-Paradigma erweitert. Wörter beider Kategorien auf der beachteten als auch auf der unbeachteten Seite konnten als Prime-Target Paar präsentiert werden. Es wurde erwartet, daß bei Zugrundeliegen eines Hemmungsmechanismus die unbeachteten geprimten Wörter stärker gehemmt würden als die ungeprimten, da sie eine höhere Wahrscheinlichkeit der irrtümlichen Aktivierung aufweisen.

Für unbeachtete Wörter konnte ausschließlich für die Zielreizkategorie ein Priming-Effekt nachgewiesen werden, der in Latenz und Funktionalität dem KAT-Effekt entsprach. Für die Ablenkerkategorie wurde kein Priming-Effekt nachgewiesen. Diese Ergebnisse interagierten mit der Bildschirmseite der Präsentation unbeachteter Wörter, was auf eine besondere Eignung der rechten Hemisphäre für die Verarbeitung räumlich unbeachteter Wörter zurückgeführt wurde (Bee-man, Friedman, Grafman & Perez, 1994; Burgess & Lund, 1998). Das Auftreten eines Priming-Effektes ausschließlich für die Zielreizkategorie und sein Vergleich mit dem in der selben Aufgabe beobachteten KAT-Effekt sprechen gegen eine Interpretation der Effekte als Reflexion von Hemmungsmechanismen. Die späte Negativierung, die sowohl bei der semantischen Kategorisierung als auch beim Priming unbeachteter Wörter der Zielreizkategorie zu beobachten war, muß eher

als Reflexion einer semantischen Integration gedeutet werden. Sie wird in dieser Form - als erhöhte Negativierung für integrierte bzw. als verringerte Negativierung für nicht integrierte Wörter - nicht für beachtete, wohl aber für unbeachtete Wörter mit den durch die Experimente beschriebenen Einschränkungen beobachtet.

Verschiedene Aspekte unterschiedlicher Selektionstheorien konnten durch die vorliegende Arbeit bestätigt werden, ohne daß sich alle Ergebnisse einheitlich in einen der beiden großen Ansätze - frühe vs. späte Selektion - einbinden lassen. Die entscheidenden Unterschiede der theoretischen Ansätze zur frühen und späten Selektion lassen sich auf die Annahmen zum Zeitpunkt der „Aussortierung“ unbeachteter Reize und zur Natur der generell an der Stimulusverarbeitung beteiligten Prozesse zurückführen. Wenn eine Stimulusverarbeitung in einem frühen Stadium der räumlichen Aufmerksamkeit bedarf, um einzelne Merkmale zu einem vollständigen Reiz zu verbinden, so folgt daraus eine Reihe von beteiligten Filtern und Selektionsprozessen der Aufmerksamkeit, die nur einem Teil der Reize zur Wahrnehmung und somit auch zur sprachlichen Verarbeitung verhelfen (Treisman, 1999). Die beteiligten Prozesse sind kontrollierter Natur und daher beschränkt in Ressourcen.

Auf der anderen Seite führt die Annahme, daß alle physikalisch verwertbaren Reize erst einmal weiterverarbeitet werden, zu einem Verzicht auf Selektionsmechanismen und damit der Aufmerksamkeit. Der Schwerpunkt der „Aussortierung“ wird auf den Zeitpunkt der Identifikation verlagert und die Koppelung von Reiz zu Reaktion wird in den Vordergrund gerückt. Daraus ergeben sich die Notwendigkeit der Annahme von prä-lexikalischen/lexikalischen automatischen Verarbeitungsprozessen und post-lexikalischen Hemmungsprozessen (Duncan, 1980; Tipper, Driver & Weaver, 1991).

Eines der wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Studie war die Ablehnung eines prä-lexikalischen Verarbeitungsprozesses bei gleichzeitigem Nachweis einer unbeachteten semantischen Wortverarbeitung. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden die meisten Untersuchungen, die Nachweise über die Verarbeitung unbeachteter Wörter erbringen konnten (Deacon et al., 2000; Fuentes & Tudela, 1992; Fuentes et al., 1994; Ortells & Tudela, 1996; Yamagata et al., 2000), als Evidenz für eine späte Selektion von Reizen und eine automatische Verarbeitung unbeachteter Reize betrachtet. Es wurde argumentiert, daß die unbeachteten Reize nur dann z.B. negatives Priming verursachen können, wenn sie bis zu einem bestimmten Grad sprachspezifische Verarbeitung erfahren haben. Da diese von räumlicher Aufmerksamkeit unabhängig sei, wurde eine automatische Verarbeitung angenommen. In der vorliegenden Studie ist es gelungen, räumliche Aufmerksamkeit klar durch die P100 Komponente im EEG zu kontrollieren und gleichzeitig



erstmal eine EKP Komponente für die semantische post-lexikalische Kategorisierung von unbeachtetem Wortmaterial zu zeigen (KAT-Effekt). Trotzdem konnten die vorgelegten Ergebnisse nicht den Schluß ermöglichen, daß automatische Verarbeitung unbeachteter Reize die Grundlage dieser Ergebnisse darstellt. Auch wenn die räumliche Aufmerksamkeit (Mangun & Hillyard, 1988, 1990) im Gesamtbild der berichteten Evidenzen (Kellenbach & Michie, 1996; Otten, Rugg & Doyle, 1993; Yamagata, Yamaguchi & Kobayashi, 2000) nicht mehr als entscheidender Selektionsfilter bei der Reizverarbeitung angenommen werden kann, so sind doch in der vorliegenden Arbeit Hinweise erbracht worden, die auf die entscheidende Beteiligung späterer selektiver Aufmerksamkeitsprozesse bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter hinweisen. Eine wichtige Rolle in diesem Zusammenhang spielen der Einfluß einer doppelten Aufgabenstellung oder die direkte Identifikation eines Aufmerksamkeitsprozesses, gespiegelt in der N2b im Experiment 5. Damit ist eine der Hauptannahmen später Selektionsmodelle nicht mehr erfüllt: Kontrollierte aufmerksamkeitsabhängige Prozesse prägen die Verarbeitung unbeachteter Wörter. In diesen Zusammenhang paßt, daß auch der Versuch gescheitert ist, den lexikalischen/post-lexikalischen KAT-Effekt im Rahmen später Selektionstheorien als aktive Hemmung zu interpretieren. Die Ergebnisse in Experiment 6 lassen sich nicht ohne weiteres auf unterschiedlich hohe Hemmungen der unbeachteten Wörter zurückführen. Es bleibt zwar eine nicht auszuschließende Möglichkeit, daß komplexe mit Kategorien interagierende Hemmungsprozesse die zu klein sind, um im EEG abgebildet zu werden, die Ursache der in Experiment 6 berichteten Ergebnisse sind. Die Gesamtheit der Experimente spricht aber für einen Integrationsprozeß.

Auch wenn die vorliegende Arbeit wenig Unterstützung später Selektionstheorien anbieten kann, so können alle Ergebnisse doch nicht problemlos in einen theoretischen Ansatz der frühen Selektion eingebunden werden (z.B. Treisman, 1999). Ein entscheidender Widerspruch ergibt sich aus der gezeigten Möglichkeit der komplexen Reizverarbeitung ohne räumliche Aufmerksamkeit. Treisman (1999) und auch andere Vertreter der frühen Selektion (z.B. Broadbent & Gathercole, 1990) haben die strikte Verknüpfung von räumlicher Aufmerksamkeit mit komplexer Reizverarbeitung über die Merkmalsebene hinweg aufgelockert und erläutert, inwieweit die Verarbeitung „unbeachteter“ Wörter in diesem Ansatz möglich ist. Trotzdem sind die in der vorliegenden Arbeit gezeigten Effekte nicht ohne weiterreichendere Anpassungen in die theoretischen Konstrukte einzugliedern. Die Einschränkungen, unter denen räumlich „unbeachtete“ Reize weitere Verarbeitung erfahren, beziehen sich meistens auf eine besondere Struktur und Einfachheit der Reize. Es wurde argumentiert, daß bei Präsentation eines unbeachteten Reizes, alle einzelnen Merkmale eben zu einem Reiz gehören müßten

und daher der Gesamtreiz ohne Aufmerksamkeit aus den Einzelteilen erstellt werden könnte (Treisman, 1999). Dies kann aber im Vorliegenden nicht ursächlich sein, da verschiedene Buchstaben sich ein gemeinsames Set weniger Merkmale teilen, also eine zufällige Kombination in der Mehrzahl nicht zur Identifikation des präsentierten unbeachteten Wortes führen sollte. Es wurde argumentiert, daß bei Wiederholung von Wörtern eine Identifikation aufgrund einzelner Merkmale möglich sein könnte oder eine ungenügende Kontrolle des Aufmerksamkeitsfokus entscheidend für die Verarbeitung unbeachteter Wörter sei (Broadbent & Gathercole, 1990; Logan, 1992). In den vorliegenden Experimenten wurde kein Wort zweimal präsentiert und die P100 Amplitude und damit der Fokus der Aufmerksamkeit überprüft. Selbstverständlich bleibt offen, inwieweit bei einem graduell verlaufenden Fokus der Aufmerksamkeit (Eriksen & Yeh, 1985) auch entferntere Bereiche am Rande des Fokusses noch geringe Erleichterung hinsichtlich ihrer Verarbeitung erfahren, und ob die P100 Modulation ebenfalls eine graduelle räumliche Aufmerksamkeit widerspiegeln kann. Diese Frage kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht beantwortet werden und verlangt sicherlich genauere Untersuchungen.

Das stärkste Argument zur Erklärung „unbeachteter“ Wortverarbeitung innerhalb der theoretischen Ansätze der frühen Selektion bezieht sich auf die Vorhersagbarkeit der unbeachteten Wörter, die entweder über die gleichzeitig präsentierten beachteten Wörter oder sogar über die gesuchte Zielkategorie entscheidend beeinflusst wird (z.B. Broadbent & Gathercole, 1990). Es soll dabei zu einer Voraktivierung oder einer generellen Aktivierung von Wörtern im Lexikon kommen, die top-down wiederum eine Identifikation auf der Merkmalsebene ermöglicht. Da in den in der aktuellen Arbeit vorgestellten Experimenten eine Kategorisierungsaufgabe entscheidend beteiligt ist, muß dieses Argument diskutiert werden. Ein erster Einwand ergibt sich aus der Größe der in den aktuellen Experimenten verwendeten Kategorien, die teilweise 140 Mitglieder zählten und deren geringer Wortfrequenz. Besonders unter diesen Umständen scheint es unwahrscheinlich, daß die Mehrzahl der unbeachteten Stimuli nur aufgrund von einfachen Merkmalen wie waagerechter oder senkrechter Linien identifiziert werden konnten. Das Erwartungsset so genau zu konstruieren, wie dies zur Identifikation der Wörter nötig gewesen wäre, hätte sicherlich zusätzlicher Informationen bedurft. Der zweite Einwand beruft sich auf die Ergebnisse in Experiment 3 und 4, wo die typischere Kategorie nicht zu einer Veränderung der Verarbeitung unbeachteter Wörter führte. Falls die Typikalität eines Reizes einen Einfluß auf den Abrufprozeß aus dem mentalen Lexikon hat (Heinze et al., 1998), so hätte der Abruf unbeachteter Wörter mit einer hohen Typikalität einen Vorteil im Vergleich zu Wörtern einer niedrigeren Typikalität genießen müssen, der jedoch im EEG nicht beob-

achtet wurde. Zusammengefaßt deuten die Ergebnisse der vorliegenden Studie nicht auf eine Verarbeitung unbeachteter Wörter auf der Basis einzelner Merkmale, sondern eher auf einen später verlagerten Aufmerksamkeitsmechanismus hin, der eine Reizeinheit herstellen kann.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit weisen darauf hin, daß die Rolle der räumlichen Aufmerksamkeit für die Wortverarbeitung begrenzter ist, als dies durch frühe Selektionstheorien angenommen wird (Treisman, 1988). Auch wenn diese eine entscheidende Rolle bei der Verbindung von Merkmalen zu einem Reiz bei beachteten Reizen spielt, so können offensichtlich unterschiedliche Aufmerksamkeitsmechanismen in einem späteren Zeitbereich bis ca. 300 ms diese Aufgabe für unbeachtete Reize nachträglich übernehmen und so Nachteile in der frühen Verarbeitung ausgleichen. Das System der Reizverarbeitung ist unter idealen Bedingungen wesentlich flexibler, als es frühe Selektionstheorien annehmen. Allerdings scheinen Ressourcen und Kapazitäten bei der Wort-/Reizverarbeitung die entscheidende Rolle zu spielen, wie es bereits der Grundgedanke von Broadbent (1958) ausdrückt.

Eine andere Erweiterung theoretischer Konstrukte ist durch den KAT-Effekt selbst bedingt. Nach den durchgeführten Manipulationen stellt sich dieser als neuer, ausschließlich für unbeachtete Wörter beobachtbarer Effekt der lexikalischen/post-lexikalischen Verarbeitung dar. Die zum jetzigen Zeitpunkt wahrscheinlichste Interpretation ist die eines Integrationsprozesses und nicht die eines „negativen Primings“ (Otten et al., 1993). Damit ist eine Komponente für die semantische Verarbeitung unbeachteter Wörter gefunden worden, deren vollständige Funktionalität und Ursprungsstrukturen noch ausgetestet werden müssen.

Die vorliegende Arbeit hat durch die Kombination von EKPs, einer klassischen psycholinguistischen Fragestellung (Kategorisierungsaufgabe) und einer Manipulation der räumlichen Aufmerksamkeit ein bisher nicht untersuchtes Paradigma erstellt, in dem erstmals ein elektrophysiologisches Korrelat für semantische unbeachtete Wortverarbeitung gezeigt werden konnte. Die sich anschließenden Experimente haben ein differenziertes Bild der an der unbeachteten Wortverarbeitung beteiligten Aufmerksamkeitsprozesse im prä-lexikalischen Bereich gezeichnet und die Abhängigkeit der unbeachteten Wortverarbeitung von parallel laufenden Prozessen innerhalb der unbeachteten und in der beachteten Wortverarbeitung aufgezeigt.

Es konnten wichtige Hinweise auf die Zeitstruktur von lexikalischen/post-lexikalischen Kategorisierungsprozessen (KAT-Effekt) und vorausgegangenen Steuerungsprozessen der Aufmerksamkeit (N2b) gefunden werden, die besonders für die Frage nach den entscheidenden Zeitfenstern für unbeachtete Wortverarbeitung von großer Wichtigkeit sind. Evidenz wurde berichtet, daß der KAT-Effekt kei-

nen Hemmprozeß, sondern einen für unbeachtete Wortverarbeitung spezifischen semantischen Intergrationsprozeß widerspiegelt und damit eine Erweiterung der sprachspezifischen Prozesse leistet. Zusammengefaßt ermöglicht die vorliegende Arbeit, ein genaueres Bild der Information zu zeichnen, die tatsächlich beim Lesen verarbeitet und auch genutzt werden kann.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie lassen sich neue Fragestellungen für zukünftige Vorhaben entwickeln. Auch wenn Hinweise auf die zugrundeliegenden Prozesse des KAT-Effektes gefunden wurden, so sind doch Einflüsse der Frequenz, physikalischer Eigenschaften wie des Kontrastes oder der Stimulusgröße oder auch die Verarbeitung unbeachteter Pseudowörter noch nicht untersucht. Gerade zur Kontrastierung des KAT-Effektes mit der N400 und zur weiteren Untersuchung der zugrundeliegenden Prozesse sollten diese Manipulationen in folgenden Studien untersucht werden. Eine weitere spannende Frage verläßt die semantische Verarbeitung von unbeachtetem Wortmaterial und konzentriert sich auf einen ganz anderen Bereich: die syntaktische Wort/Satzverarbeitung. Auch in diesem Bereich sind bis zu diesem Zeitpunkt nur eine limitierte Anzahl von Studien zur Verarbeitung unbeachteter Reize durchgeführt worden. Es wäre von großem Interesse, auch für unbeachtetes Sprachmaterial die Interaktion zwischen semantischen und syntaktischen Strukturen zu untersuchen. Letztendlich bildet die vorliegende Arbeit eine Basis um Vergleichsstudien über verschiedene Modalitäten durchzuführen. Der Verarbeitung unbeachteter visueller Wörter sollte die Verarbeitung unbeachteter akustischer Reize gegenübergestellt werden. Die Interaktion und Beschränkungen der unterschiedlichen Systeme werden Hinweise auf die Struktur modalitätsunspezifischer Aufmerksamkeits- und Sprachsysteme liefern und es daher ermöglichen, grundlegende Aussagen darüber zu machen, welche sprachspezifische Information der Mensch aus seinen komplexen Umweltreizen extrahiert.



# Literaturverzeichnis

- Abrams, R. A., Meyer, D. E. & Kornblum, S. (1989). Speed and accuracy of saccadic eye movements: Characteristics of impulse variability in the oculomotor system. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 529–543.
- Alho, K., Woods, D. L. & Aigazi, A. (1994). Processing of auditory stimuli during auditory and visual attention as revealed by event-related potentials. *Psychophysiology*, *31*, 469–479.
- 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*, 177–190.
- Anllo-Vento, L. & Hillyard, S. A. (1996). Selective attention to the color and direction of moving stimuli: Electrophysiological correlates of hierarchical feature selection. *Perception & Psychophysics*, *58*, 191–206.
- Awh, E., Anllo-Vento, L. & Hillyard, S. A. (2000). The role of spatial selective attention in working memory for locations: Evidence from event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*, 840–847.
- Baayen, R. H., Piepenbrock, R. & van Rijn, H. (1995). *The CELEX lexical database (Release 2)*. Nijmegen, The Netherlands: Center for lexical Information, MPI for Psycholinguistics.
- Balota, D. A., Flores d'Arcais, G. & Rayner, K. (1990). *Comprehension processes in reading*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Beeman, M., Friedman, R. B., Grafman, J. & Perez, E. (1994). Summation priming and coarse semantic coding in the right hemisphere. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *6*, 26–45.

- Bench, C., Frith, C., Grasby, K., Friston, K., Paulesu, E., Franckowiak, R. & Dolan, R. (1993). Investigation of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*, 31, 907–922.
- Berger, H. (1929). Über das Elektroenzephalogramm des Menschen. *Archiv Psychiatrischer Nervenkrankheiten*, 87, 527–570.
- Besson, M., Fischler, I., Boaz, T. & Raney, G. (1992). Effects of automatic associative activation on explicit and implicit memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 89–105.
- Besson, M. & Macar, F. (1987). An event-related potential analysis of incongruity in music and other non-linguistic contexts. *Psychophysiology*, 24, 14–25.
- Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A. G. M. & Rockstroh, B. (1990). Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Psychological Review*, 70, 1–41.
- Bishop, P. O. (1984). Processing of visual information within the retinostriate system. In I. Darien-Smith (Hrsg.), *Handbook of Physiology: The Nervous System*, Vol. 3, (S. 257–316). Easton, NY: American Physiological Society.
- Boddy, J. (1986). Event-related potentials in chronometric analysis and prime word recognition with different stimulus onset asynchronies. *Psychophysiology*, 23, 232–245.
- Boddy, J. & Weinberg, H. (1981). Brain potentials, perceptual mechanisms, and semantic categorization. *Biological Psychology*, 12, 43–61.
- Bosch, V. (1999). *Das Halten von Information im Arbeitsgedächtnis: Dissoziationen langsamer corticaler Potentiale*. Leipzig: Risse.
- Braitenberg, V. & Schütz, A. (1991). *Anatomy of the cortex*. Berlin: Springer.
- Breton, F., Ritter, W., Simson, R. & Vaughan, H. G. (1988). The N2 component elicited by stimulus matches and multiple targets. *Biological Psychology*, 27, 23–44.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Broadbent, D. E. (1971). *Decision and stress*. London: Academic Press.
- Broadbent, D. E. & Gathercole, S. E. (1990). The processing of non-target words: Semantic or not? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42 A, 3–37.

- Brown, C. & Hagoort, P. (1993). The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 34–44.
- Burgess, C. & Lund, K. (1998). Modeling cerebral asymmetries in high-dimensional space. In M. Beeman & C. Chiarello (Hrsg.), *Right hemisphere language comprehension: Perspectives from cognitive neuroscience*, (S. 215–244). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Castiello, U. & Umiltà, C. (1992). Size of the attentional focus and efficiency of processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 837–848.
- Chiarello, C., Burgess, C., Richards, L. & Pollock, A. (1990). Semantic and associative priming in the cerebral hemispheres: Some words do, some words don't...sometimes, some places. *Brain and Language*, 38, 75–104.
- Chwilla, D. J., Brown, C. M. & Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32, 274–285.
- Cole, P., Magnan, A. & Grainger, J. (1999). Syllable-sized units in visual word recognition: Evidence from skilled and beginning readers of French. *Applied Psycholinguistics*, 20, 507–532.
- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407–428.
- Daffner, K. R., Mesulam, M. M., Scinto, L. F., Cohen, L. G., Kennedy, B. P., West, W. C. & Holcomb, P. J. (1998). Regulation of attention to novel stimuli by frontal lobes: An event-related potential study. *NeuroReport*, 9, 787–791.
- Deacon, D., Breton, F., Ritter, W. & Vaughan, H. G. (1991). The relationship between N2 and N400: Scalp distribution, stimulus probability, and task relevance. *Psychophysiology*, 28, 185–200.
- Deacon, D., Hewitt, S., Yang, C. M. & Nagata, M. (2000). Event-related potential 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.
- Deubel, H. & Schneider, W. X. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 36, 1827–1837.



- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80–90.
- Donchin, E. (1981). Surprise! ... Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493–515.
- Driver, J. & Tipper, S. P. (1989). On the non-selectivity of „selective“ seeing: Contrasts between interference and priming in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 304–314.
- Dudel, J., Menzel, R. & Schmidt, R. F. (1996). *Neurowissenschaft*. Berlin: Springer.
- Duncan, J. (1980). The locus of interference in the perception of simultaneously stimuli. *Psychological Review*, 87, 272–300.
- Eason, R. G., Harter, M. R. & White, C. T. (1969). Effects of attention and arousal on visually evoked cortical potentials and reaction time in man. *Physiology and Behavior*, 4, 283–289.
- Eriksen, C. W. & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225–240.
- Eriksen, C. W. & Yeh, Y. Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 583–597.
- Fabiani, M., Gratton, G. & Coles, M. G. H. (2000). Event-related brain potentials. In J. T. Cacioppo, G. Bernston & L. G. Tassinary (Hrsg.), *Handbook of Psychophysiology (2nd edition)*, (S. 53–84). New York, NY: Cambridge University Press.
- Federmeier, K. D. & Kutas, M. (1999). Right words and left words: Electrophysiological evidence for hemispheric differences in meaning processing. *Cognitive Brain Research*, 8, 373–392.
- Ferrand, L. & Grainger, J. (1993). The time course of orthographic and phonological code activation in the early phases of visual word recognition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 31, 119–122.
- Fischler, I., Bloom, P. A., Childers, D. G., Roucos, S. E. & Perry, N. W. (1983). Brain potentials related to stages of sentence verification. *Psychophysiology*, 20, 400–409.

- Fischler, I., Childers, D. G., Achariyapaopan, T. & Perry, N. W. (1985). Brain potentials during sentence verification: Automatic aspects of comprehension. *Biological Psychology*, 21, 83–105.
- Fuentes, L. J., Carmona, E., Agis, I. F. & Catena, A. (1994). The role of the anterior attention system in semantic processing of both foveal and parafoveal words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6, 17–25.
- Fuentes, L. J. & Tudela, P. (1992). Semantic processing of foveally and parafoveally presented words in a lexical decision task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45 A, 323–344.
- Fujihara, N., Nageishi, Y., Koyama, S. & Nakajima, Y. (1998). Electrophysiological evidence for the typicality effect of human cognitive categorization. *International Journal of Psychophysiology*, 29, 65–75.
- Gaillard, A. W. (1988). Problems and paradigms in ERP research. *Biological Psychology*, 26, 91–109.
- Ganis, G., Kutas, M. & Sereno, M. I. (1996). The search for “common sense”: An electrophysiological study of the comprehension of words and pictures in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 89–106.
- Geisser, S. & Greenhouse, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24, 95–112.
- Gomez Gonzalez, C. M., Clark, V. P., Fan, S., Luck, S. J. & Hillyard, S. A. (1994). Sources of attention-sensitive visual event-related potentials. *Brain Topography*, 7, 41–51.
- Greenberg, S. N. & Vellutino, F. R. (1988). Evidence for processing of constituent single- and multiletter codes: Support for multilevel coding in word perception. *Memory and Cognition*, 16, 54–63.
- Gunter, T. C., Vos, S. & Friederici, A. F. (1999). Memory or aging? That’s the question: An electrophysiological perspective on language. In S. Kemper & R. Kliegl (Hrsg.), *Constraints on language: Aging, grammar, and memory*, (S. 249–282). Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Hansen, J. C. & Hillyard, S. A. (1983). Selective attention to multidimensional auditory stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 1–19.

- Harter, M. R. & Aine, C. J. (1984). Brain mechanisms of visual selective attention. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Hrsg.), *Varieties of attention*, (S. 293–321). Orlando, FL: Academic Press.
- Haxby, J. V., Horwitz, B., Ungerleider, L. G., Maisog, J. M., Pietrini, P. & Grady, C. L. (1994). The functional organization of human extrastriate cortex: A PET-rCBF study of selective attention to faces and locations. *Journal of Neuroscience*, *14*, 6336–6353.
- Heinze, H. J., Luck, S. J., Mangun, G. R. & Hillyard, S. A. (1990). Visual event-related potentials index focused attention within bilateral stimulus arrays. I. Evidence for early selection. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *75*, 511–527.
- Heinze, H. J., Münte, T. F. & Kutas, M. (1998). Context effects in a category verification task as assessed by event-related brain potential (ERP) measures. *Biological Psychology*, *47*, 121–135.
- Hillyard, S. A. (1985). Electrophysiology of human selective attention. *Trends in Neurosciences*, *8*, 400–405.
- Hillyard, S. A. & Anllo-Vento, L. (1998). Event-related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, *95*, 781–787.
- Hillyard, S. A. & Kutas, M. (1983). Electrophysiology of cognitive processing. *Annual Review of Psychology*, *34*, 33–61.
- Hillyard, S. A. & Münte, T. F. (1984). Selective attention to color and location: An analysis with event-related brain potentials. *Perception & Psychophysics*, *36*, 185–198.
- Hillyard, S. A. & Picton, T. W. (1987). Electrophysiology of cognition. In J. R. Papenheimer & F. Plum (Hrsg.), *Handbook of physiology. Section 1: The nervous system, Vol. 5*, (S. 519–584). Bethesda, MD: American Physiological Society.
- Holcomb, P. J. (1988). Automatic and attentional processing: An event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, *35*, 66–83.
- Holcomb, P. J. (1993). Semantic priming and stimulus degradation: Implications for the role of the N400 in language processing. *Psychophysiology*, *30*, 47–61.
- Holcomb, P. J. & McPherson, W. B. (1994). Event-related brain potentials reflect semantic priming in an object decision task. *Brain and Cognition*, *24*, 276.

- Holcomb, P. J. & Neville, H. J. (1990). Semantic priming in visual and auditory lexical decision: a between modality comparison. *Language and Cognitive Processes*, 5, 281–312.
- Hubel, D. & Wiesel, T. (1977). Functional architecture of macaque visual cortex. *Proceedings of the Royal Society of London - Series B: Biological Sciences*, 198, 1–59.
- Inhoff, A. W., Pollatsek, A., Posner, M. I. & Rayner, K. (1989). Covert attention and eye movements during reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 63–89.
- Johnson, R. J. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23, 367–384.
- Johnson, R. J. (1993). On the neuronal generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30, 90–97.
- Jonides, J. (1983). Further toward a model of the mind's eye's movement. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 21, 247–250.
- Kellenbach, M. L. & Michie, P. T. (1996). Modulation of event-related potentials by semantic priming: Effects of color-cued selective attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 155–173.
- Kenemans, J. L., Kok, A. & Smulders, F. T. (1993). Event-related potentials to conjunctions of spatial frequency and orientation as a function of stimulus parameters and response requirements. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 88, 51–63.
- Keppel, G. (1991). *Design and analysis: A researcher's handbook (3rd ed.)*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Knight, R. T. (1996). Contribution of human hippocampal region to novelty detection. *Nature*, 383, 256–259.
- Kolb, H. (1994). The architecture of functional neural circuits in the vertebrate retina. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 35, 2385–2403.
- Kölsch, S., Gunter, T. C., Friederici, A. D. & Schröger, E. (2000). Brain Indices of Music Processing: 'Non-musicians' are musical. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 520–541.

- Kotz, S. A. (1996). *Bilingual memory revisited: An electrophysiological investigation of lexical and semantic representations in fluent bilinguals*. Unpublished doctoral dissertation, Tufts University, MA, USA.
- Kounios, J. & Holcomb, P. J. (1994). Concreteness effects in semantic processing: ERP evidence supporting dual-coding theory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 804–823.
- Koyama, S., Nageishi, J., Shimokochi, M., Hokama, H., Miyazato, Y., Miyatani, M. & Ogura, C. (1991). The N400 component of event-related potentials in schizophrenic patients: A preliminary study. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78, 124–132.
- Kramer, A. F., Sirevaag, E. J. & Braune, R. (1987). A psychophysiological assessment of operator workload during simulated flight missions. *Human Factors*, 29, 145–160.
- Kutas, M. (1993). In the company of other words: Electrophysiological evidence for single word and sentence context effects. *Language and Cognitive Processes*, 8, 533–572.
- Kutas, M. & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 463–470.
- Kutas, M., Federmeier, K. D., Coulson, S., King, J. W. & Münte, T. F. (2000). Language. In J. T. Cacioppo, G. Bernston & L. G. Tassinary (Hrsg.), *Handbook of Psychophysiology (2nd edition)*, (S. 576–601). New York, NJ: Cambridge University Press.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, (S. 203–205).
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory and Cognition*, 11, 539–550.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307, 161–163.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1989). An electrophysiological probe of incidental semantic association. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 38–49.

- Kutas, M. & Iragui, V. (1998). The N400 in a semantic categorization task across 6 decades. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 108, 456–471.
- Kutas, M., Neville, H. J. & Holcomb, P. J. (1987). A preliminary comparison of the N400 response to semantic anomalies during reading, listening, and signing. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Suppl.* 39, 325–330.
- Kutas, M. & Van Petten, C. (1988). Event-related brain potential studies of language. In P. K. Ackles, J. R. Jennings & M. G. H. Coles (Hrsg.), *Advances in Psychophysiology, Volume 3*, (S. 139–187). Greenwich, CT: JAI Press.
- Kutas, M. & Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related brain potential investigations. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics*, (S. 83–143). San Diego: Academic Press.
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters and words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 371–378.
- Lange, J. L., Wijers, A. A., Mulder, L. & Mulder, G. (1998). Color selection and location selection in ERPs: Differences, similarities and neural specificity. *Biological Psychology*, 48, 153–182.
- Levelt, W. J. M. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Logan, G. D. (1992). Attention and preattention in theories of automaticity. *American Journal of Psychology*, 105, 317–339.
- Luck, S. J., Heinze, H. J., Mangun, G. R. & Hillyard, S. A. (1990). Visual event-related potentials index focused attention within bilateral stimulus arrays. II. Functional dissociation of P1 and N1 components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 75, 528–542.
- Luck, S. J. & Hillyard, S. A. (1994). Electrophysiological correlates of feature analysis during visual search. *Psychophysiology*, 31, 291–308.
- Luck, S. J., Hillyard, S. A., Mouloua, M., Woldorff, M. G., Clark, V. P. & Hawkins, H. L. (1994). Effects of spatial cueing on luminance detectability: Psychophysical and electrophysiological evidence for early selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 20, 887–904.

- Lupiáñez, J., Rueda, M. R., Ruz, M. & Tudela, P. (2000). Processing of attended and ignored words in the parafovea: Inhibitory aspects of semantic processing. *Psicológica*, 21, 233–256.
- Mangun, G. & Hillyard, S. A. (1988). Spatial gradients of visual attention: Behavioral and electrophysiological evidence. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 70, 417–428.
- Mangun, G. & Hillyard, S. A. (1990). Electrophysiological studies of visual selective attention in humans. In A. B. Schreible & A. F. Wechsler (Hrsg.), *Neurobiology of higher cognitive function. UCLA forum in medical science, No. 29*, (S. 271–295). New York, NY: Guilford Press.
- Mangun, G. R. & Hillyard, S. A. (1987). The spatial allocation of visual attention as indexed by event-related brain potentials. *Human Factors*, 29, 195–211.
- Mangun, G. R. & Hillyard, S. A. (1995). Mechanisms and models of selective attention. In M. D. Rugg & M. G. H. Coles (Hrsg.), *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition*, (S. 40–85). Oxford, GB: Oxford University Press.
- Mangun, G. R., Hillyard, S. A. & Luck, S. J. (1993). Electro cortical substrates of visual selective attention. In D. E. Meyer & S. Kornblum (Hrsg.), *Attention and Performance 14: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience*, (S. 219–243). Cambridge, MA: MIT Press.
- Marcel, A. J. (1983). Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, 15, 197–237.
- Matin, E. (1974). Saccadic suppression: A review. *Psychological Bulletin*, 81, 899–917.
- McCarthy, G. & Donchin, E. (1981). A metric of thought: A comparison of P300 latency and reaction time. *Science*, 211, 77–79.
- McCarthy, G. & Nobre, A. C. (1993). Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 88, 210–219.
- McConkie, G. W. & Zola, D. (1987). Visual attention during eye fixations while reading. In M. Coltheart (Hrsg.), *Attention and performance, Vol. 12*, (S. 385–401). London: Erlbaum.

- McCormick, P. A., Klein, R. M. & Johnston, S. (1998). Splitting versus sharing focal attention: Comment on Castiello and Umilta (1992). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *24*, 350–357.
- McIntosh, A. R., Grady, C. L., Ungerleider, L. G., Haxby, J. V., Rapoport, S. I. & Horwitz, B. (1994). Network analysis of cortical visual pathways mapped with PET. *Journal of Neuroscience*, *14*, 655–666.
- Mecklinger, A., Maeß, B., Opitz, B., Pfeifer, E., Cheyne, D. & Weinberg, H. (1998). A MEG analysis of the P300 in visual discrimination task. *CEEG*, *108*, 45–56.
- Mecklinger, A. & Ullsberger, P. (1995). The P300 to novel and target events: A spatio-temporal dipole model analysis. *NeuroReport*, *7*, 241–245.
- Merigan, W. H., Bryne, C. E. & Maunsell, J. H. R. (1991). Does primate motion perception depend on the magnocellular pathway? *Journal of Neuroscience*, *11*, 3422–3429.
- Merigan, W. H. & Maunsell, J. H. R. (1993). How parallel are the primate visual pathways? *Annual Review of Neuroscience*, *16*, 369–402.
- Moran, J. & Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, *229*, 782–784.
- Morrison, R. E. (1983). Retinal image size and the perceptual span in reading: The role of parafoveal letter and space information. In K. Rayner (Hrsg.), *Eye movements in reading: Perceptual and language processing*, (S. 31–40). New York, NY: Academic Press.
- Murray, W. S. & Kennedy, A. (1988). Spatial coding in the processing of anaphor by good and poor readers: Evidence from eye movement analyses. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *40 A*, 693–718.
- Näätänen, R. (1982). Processing negativity: An evoked-potential reflection of selective attention. *Psychological Bulletin*, *92*, 605–640.
- Näätänen, R. (1990). The role of attention in auditory information processing as revealed by event-related brain potentials and other brain measures of cognitive function. *Behavioural Brain Research*, *13*, 201–288.
- Näätänen, R. (1992). *Attention and brain function*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.



- Näätänen, R. & Picton, T. W. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: A review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, *24*, 375–425.
- Nakagawa, A. (1991). Role of anterior and posterior attention networks in hemispheric asymmetries during lexical decisions. *Journal of Cognitive Neuroscience. Special issue*, *3*, 313–321.
- Nakamura, H., Gattass, R., Desimone, R. & Ungerleider, L. G. (1993). The modular organization of projections from areas V1 and V2 to areas V4 and TEO in macaques. *Journal of Neuroscience*, *13*, 3681–3691.
- Neely, J. H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner & G. W. Humphreys (Hrsg.), *Basic processes in reading*, (S. 264–336). Hillsdale, NJ: LAE.
- O'Regan, J. K. (1984). Retinal versus extraretinal influences in flash localization during saccadic eye movements in the presence of a visible background. *Perception & Psychophysics*, *36*, 1–14.
- Ortells, J. J. & Tudela, P. (1996). Positive and negative semantic priming of attended and unattended parafoveal words in a lexical decision task. *Acta Psychologica*, *94*, 209–226.
- Osaka, N. (1992). Size of saccade and fixation duration of eye movements during reading: Psychophysics of Japanese text processing. *Journal of the Optical Society of America A*, *9*, 5–13.
- Otten, L. J., Rugg, M. D. & Doyle, M. C. (1993). Modulation of event-related potentials by word repetition: The role of visual selective attention. *Psychophysiology*, *30*, 559–571.
- Paap, K. R. & Noel, R. W. (1991). Dual-route models of print and sound: Still a good horse race. *Psychological Research*, *53*, 13–24.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology*, *45*, 255–287.
- Perfetti, C. A. (1999). Comprehending written language: A blueprint of the reader. In C. M. Brown & P. Hagoort (Hrsg.), *The neurocognition of language*, (S. 167–208). New York, NY: Oxford University Press.

- Perfetti, C. A. & Bell, L. (1991). Phonemic activation during the first 40 ms of word identification: Evidence from backward masking and masked priming. *Journal of Memory and Language*, *30*, 473–485.
- Perfetti, C. A. & Tan, L. H. (1998). The time-course of graphic, phonological, and semantic activation in Chinese character identification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *21*, 1–18.
- Perry, V. H., Oehler, R. & Cowey, A. (1984). Retinal ganglion cells that project to the dorsal lateral geniculate nucleus in the macaque monkey. *Neuroscience*, *12*, 1101–1123.
- Phaf, R. H., Van der Heijden, A. H. C. & Hudson, P. T. W. (1990). SLAM: A connectionist model for attention in visual selection tasks. *Cognitive Psychology*, *22*, 273–341.
- Pollatsek, A., Rayner, K. & Collins, W. E. (1984). Integrating pictorial information across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*, 426–442.
- Polyak, S. L. (1957). *The vertebrate visual system*. H. Kluver (Ed.). Chicago, MO: University of Chicago Press.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *32*, 3–25.
- Posner, M. I. & Keele, S. W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology: General*, *77*, 353–363.
- Pritchard, W. S. (1981). Psychophysiology of P300: A Review. *Psychological Bulletin*, *89*, 506–540.
- Pritchard, W. S., Shappell, S. A. & Brandt, M. E. (1991). Psychophysiology of N200/N400: A review and classification scheme. *Advances in Psychophysiology*, *4*, 43–106.
- Rayner, K. (1986). Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, *41*, 211–236.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, *124*, 372–422.
- Rayner, K. & Pollatsek, A. (1989). *The psychology of reading*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Reichle, E. D., Pollatsek, A., Fisher, D. L. & Rayner, K. (1998). Toward a model of eye movement control in reading. *Psychological Review*, *105*, 125–157.
- Riggs, L. A., Merton, P. A. & Morton, H. B. (1974). Suppression of visual phosphenes during saccadic eye movements. *Vision Research*, *38*, 303–317.
- Ritter, W., Simson, R. & Vaughan, N. G. J. (1983). Event-related potentials and two sequential stages of information processing in physical and semantic discrimination. *Psychophysiology*, *20*, 168–179.
- Rodieck, R. & Watanabe, M. (1993). Survey of the morphology of macaque retinal ganglion cells that project to the pretectum, superior colliculus, and parvicellular laminae of the lateral geniculate nucleus. *Journal of Comparative Neurology*, *338*, 289–303.
- Rugg, M. D. & Barrett, S. E. (1987). Event-related potentials and the interaction between orthographic and phonological information in a rhyme-judgement task. *Brain and Language*, *15*, 473–481.
- Rugg, M. D. & Coles, M. G. H. (1995). *Electrophysiology of mind: Event-related brain potentials and cognition*. New York, NY: Oxford University Press.
- Rumelhart, D. E. & McClelland, J. L. (1982). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 2. The contextual enhancement effect and some tests and extensions of the model. *Psychological Review*, *89*, 60–94.
- Sabol, M. A. & De Rosa, D. V. (1976). Semantic encoding of isolated words. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, *2*, 58–68.
- Sadoski, M. & Paivio, A. (2001). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sanquist, T. F., Rorbaugh, J. W., Sydulko, K. & Lindsley, D. B. (1980). Electro-cortical signs of levels of Processing: Perceptual analysis and recognition memory. *Psychophysiology*, *17*, 568–576.
- Schmidt, R. F. (1995). *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Berlin: Springer Verlag.
- Schneider, W., Dumais, S. T. & Shiffrin, R. M. (1984). Automatic and controlled processing and attention. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Hrsg.), *Varieties of attention*, (S. 1–27). Orlando, FL: Academic press.

- Schneider, W. & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84, 1–66.
- Seidenberg, M. S. & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96, 523–568.
- Sereno, M. I., Dale, A. M., Reppas, J. B., Kwong, K. K., Belliveau, J. W., Brady, T. J., Rosen, B. R. & Tootell, R. B. H. (1995). Borders of multiple visual areas in humans revealed by functional magnetic resonance imaging. *Science*, 268, 889–893.
- Shepherd, M., Findlay, J. M. & Hockey, R. J. (1986). The relationship between eye movements and spatial attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, A, Human Experimental Psychology*, 38, 475–491.
- Shiffrin, R. M. (1988). Attention. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey & R. D. Luce (Hrsg.), *Stevens' handbook of experimental psychology, Vol.2 [2nd ed.]*, (S. 739–811). New York, NY: Wiley.
- Shiffrin, R. M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127–190.
- Smid, H. G. O. M., Jakob, A. & Heinze, H. J. (1997). The organization of multidimensional selection on the basis of color and shape: An event-related brain potential study. *Perception & Psychophysics*, 59, 693–713.
- Smid, H. G. O. M., Jakob, A. & Heinze, H. J. (1999). An event-related brain potential study of visual selective attention to conjunctions of color and shape. *Psychophysiology*, 36.
- Squires, N. K., Squires, K. C. & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 387–401.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J. & John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187–1188.
- Tipper, S. P., Driver, J. & Weaver, B. (1991). Object-centered inhibition of return of visual attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43, 289–298.

- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *12*, 242–248.
- Treisman, A. M. (1988). Features & objects: The fourteenth Bartlett Memorial Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, *40*, 201–237.
- Treisman, A. M. (1999). Feature binding, attention and object perception. In G. W. Humphreys, J. Duncan & A. Treisman (Hrsg.), *Attention, space, and action: Studies in cognitive neuroscience*, (S. 91–111). New York, NY: Oxford University Press.
- Treisman, A. M. & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*, 137–175.
- Underwood, N. R. & McConkie, G. W. (1985). Perceptual span for letter distinctions during reading. *Reading Research Quarterly*, *20*, 153–162.
- Ungerleider, L. G. & Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. In D. J. Ingle, R. J. W. Mansfield & M. S. Goodale (Hrsg.), *The Analysis of Visual Behavior*, (S. 549–586). Cambridge, MA: MIT Press.
- Van Berkum, J. J. A., Hagoort, P. & Brown, C. M. (1999). Semantic integration in sentence and discourse: Evidence from the N400. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *11*, 657–671.
- Van der Heijden, A. H. C. (1993). The role of position in object selection in vision. *Psychological Research*, *56*, 44–58.
- Van Essen, D. C., Anderson, C. H. & Felleman, D. J. (1992). Information processing in the primate visual system: An integrated systems perspective. *Science*, *255*, 419–423.
- 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*, 188–208.
- Van Petten, C., Kutas, M., Kluender, R., Mitchiner, M. & McIssac, H. (1991). Fractionating the word repetition effect with event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*, 131–150.
- Wandell, B. A. (1995). *Foundations of Vision*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.

- Wheeler, D. D. (1970). Processes in word recognition. *Cognitive Psychology*, *1*, 59–85.
- Wickens, C., Kramer, A. F., Vanasse, L. & Donchin, E. (1983). Performance of concurrent tasks: A psychophysiological analysis of the reciprocity of information-processing resources. *Science*, *221*, 1080–1082.
- Wijers, A. A. (1989). *Visual selective attention*. Unpublished doctoral dissertation, University of Groningen, The Netherlands.
- Wijers, A. A., Lamain, W., Slopsema, J. S., Mulder, G. & Mulder, L. J. M. (1989a). An electrophysiological investigation of the spatial distribution of attention to colored stimuli in focused and divided attention conditions. *Biological Psychology*, *29*, 213–245.
- Wijers, A. A., Mulder, G., Gunter, T. C. & Smid, H. G. O. M. (1996). Die hirnelektrische Analyse der selektiven Aufmerksamkeit. In O. Neumann & A. F. Sanders (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Kognition. Band 2: Aufmerksamkeit*, (S. 479–565). Göttingen: Hogrefe.
- Wijers, A. A., Mulder, G., Okita, T., Mulder, L. J. M. & Scheffers, M. K. (1989b). Attention to color: An analysis of selection, controlled search, and motor activation, using event-related potentials. *Psychophysiology*, *26*, 89–109.
- Wolverton, G. S. & Zola, D. (1983). The temporal characteristics of visual information extraction during reading. In K. Rayner (Hrsg.), *Eye movements in reading: Perceptual and language processing*, (S. 41–52). New York, NY: Academic Press.
- Yamagata, S., Yamaguchi, S. & Kobayashi, S. (2000). Event-related evoked potential study of repetition priming to attended and unattended words. *Cognitive Brain Research*, *10*, 167–171.
- Yantis, S. (1996). Attentional capture in vision. In A. F. Kramer, M. G. H. Coles & G. D. Logan (Hrsg.), *Converging operations in the study of visual selective attention*, (S. 45–76). Washington, DC: American Psychological Association.
- Yee, P. L. (1991). Semantic inhibition of ignored words during a figure classification task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *43*, 127–153.
- Ziegler, J. C., Besson, M., Jacobs, A. M., Nazir, T. A. & Carr, T. H. (1997). Word, pseudoword, and nonword processing: A multitask comparison using event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *9*, 758–775.



# Anhang A

## 9.1 Liste aller Stimuli aus Experiment 1

### 9.1.1 Kategorie: unbelebt

ABAKUS	ABFLUSS	ABGRUND	ABGUSS	ABITUR
ABSATZ	ABSTAND	ABWASCH	ACHT	AKTIE
ALBUM	ALKOHOL	ALTAR	AMBOSS	AMPEL
AMPULLE	ANKER	ANOKAK	ANPFIFF	ARMBRUST
ASCHE	ASPHALT	ASPIK	ATTRAPPE	AUFGANG
AUFZUG	AUSPUFF	AXT	BADEHOSE	BAGGER
BALLAST	BALLON	BALSAM	BAND	BANNER
BARACKE	BART	BASAR	BASEBALL	BASTION
BATIST	BAUPLAN	BECHER	BEIL	BELEG
BESITZ	BIBEL	BILLARD	BILLETT	BISKUIT
BLUSE	BOHRER	BOLZEN	BORTE	BOWLE
BROKAT	BROSCHÉ	BUCHT	BUDE	CREME
DAMPF	DAMPFER	DECK	DEKOR	DELLE
DESSERT	DIA	DIADEM	DIAGRAMM	DIAMANT
DIPLOM	DISKUS	DOCHT	DOCK	DONNER
DÜSE	EBBE	ECKBALL	ESSIG	ETIKETT
EXIL	FACHBUCH	FAGOTT	FALLTÜR	FALTE
FAß	FELDWEG	FERNROHR	FESSEL	FIBEL
FILZ	FILZHUT	FJORD	FLACHS	FLADEN
FLAGGE	FLAKON	FLAUM	FLECK	FLINTE
FLITTER	FLORETT	FLÖTE	FLUR	FRACHTER
FRACK	FRESKO	FÜLLER	FUßBODEN	GABEL
GARDINE	GASTHOF	GEBÄCK	GEL	GESCHIRR
GESTELL	GEWAND	GIFTGAS	GIPFEL	GIRLANDE
GITARRE	GLOBUS	GLOCKE	GONDEL	GRACHT
GRANAT	GRANATE	GRAUBROT	GUCKLOCH	GURT



GÜTERZUG	GUTSHOF	HAGEL	HALSTUCH	HAMMER
HANDBALL	HANDTUCH	HANTEL	HARFE	HAUBE
HELM	HEROIN	HOBEL	HOFTOR	IGLU
IKONE	JACKE	JADE	JOURNAL	JUWEL
KACHEL	KÄFIG	KAHN	KAJAK	KALK
KAMIN	KAMM	KANISTER	KANZEL	KARAFFE
KARAMEL	KARRE	KASINO	KATAPULT	KEGEL
KEKS	KELLE	KERKER	KERZE	KESSEL
KEULE	KIMONO	KITT	KLIFF	KLINGEL
KLO	KLOTZ	KLUMPEN	KNOPF	KOCHSALZ
KOMET	KOMMA	KOMMODE	KONFEKT	KONFETTI
KONSERVE	KONSUL	KONTO	KORSETT	KRAMPF
KRATZER	KRAUSE	KRIMI	KRISTALL	KRÜCKE
KRUG	KRUSTE	KÜBEL	KUHLE	KURBEL
KUTTE	LAKEN	LAMPE	LASSO	LAVA
LEHM	LEHNE	LINSE	LOGE	LUKE
LUMPEN	LUNTE	LUPE	MAGNET	MANIFEST
MARZIPAN	MATRATZE	MEHL	MENSA	MESSER
MOKKA	MOPED	MÖRTEL	MÜLL	MÜSLI
NADEL	NAHT	NAPF	NUCKEL	OHRRING
OPAL	PADDEL	PAKET	PATRONE	PAUKE
PEDAL	PETITION	PFANNE	PFÜTZE	PHOTO
PIANO	PINZETTE	PLANKE	PODEST	POSAUNE
PRALINE	PRITSCHKE	PSALM	PUMPE	PUPPE
PURPUR	QUALM	RANZEN	RASTHAUS	RECK
RENNRAD	RILLE	RINNSAL	ROST	RUBIN
RUDER	RUM	RUMBA	RUNE	RUß
SÄBEL	SAFE	SÄGEWERK	SALBE	SALZ
SAMT	SANDALE	SAPHIR	SATIN	SAUM
SCHAL	SCHÄRPE	SCHAUFEL	SCHEMEL	SCHERE
SCHILD	SCHIRM	SCHLAUCH	SCHMINKE	SCHNUR
SCHWEFEL	SCHWERT	SEEKARTE	SEKT	SENF
SENKE	SENSE	SHAMPOO	SIRUP	SMOKING
SOFA	SOUVENIR	SPACHTEL	SPANGE	SPRITZE
STANGE	STAUDAMM	STEG	STELZE	STIFT
STREUSEL	STROHHUT	STRUDEL	STRUMPF	SUPPE
TABLETTE	TADEL	TALAR	TAPETE	TASSE
TAU	TELLER	TERRAIN	TINTE	TOASTER
TOPF	TORTE	TRESOR	TROMPETE	TUBE
TUCH	TUNIKA	TURBAN	TUSCHE	VASELINE
VERPUTZ	VIDEO	VIOLINE	VOLLBAD	VOLLMOND
VORFILM	VORHALLE	VORHOF	WAAGE	WABE
WANNE	WAPPEN	WATTE	YACHT	ZANGE
ZAPFEN	ZELT	ZEPPELIN	ZEPTEK	ZWINGER

**9.1.2 Kategorie: belebt**

ADVOKAT	ARTIST	BABY	BANDIT	BARBAR
BENGEL	BOß	BOTE	BOXER	DUMMKOPF
EROBERER	FECHTER	GESELLE	HALUNKE	HAUSARZT
HELFERIN	HENKER	HOSTESS	HUNNE	HUSAR
IDEALIST	IDIOT	INDIANER	IRE	KADETT
KAISERIN	KAPLAN	KILLER	KOMIKER	KOREANER
KUMPAN	KUNDIN	LANDRAT	MANDANT	MELKER
MENTOR	MIME	MOHR	MÜLLER	MUSIKANT
NACHFAHR	NEFFE	OMA	OPTIMIST	PASCHA
PIANIST	POET	PREDIGER	PROPHET	REKRUT
RITTER	RUDEL	SABOTEUR	SIPPE	SNOB
SPRINTER	SQUAW	TANKWART	TEENAGER	TENOR
TIROLER	TYRANN	UNTERTAN	VASALL	VATI
WÄRTER	WINZER	WITWER	ZEUGIN	ZIGEUNER

## 9.2 Liste aller Stimuli aus Experiment 2

### 9.2.1 Kategorie: Nicht-Tiere

Die im Original unterstrichenen Buchstaben sind fett hervorgehoben.

ABHANG	AGENTIN	AGENDA	AHORN	AMULETT
ANEMONE	ANPROBE	ANWOHNER	APRIKOSE	AQUARIUM
ARALSEE	ARCHE	ARKTIS	ASBEST	ASIAT
AUFSEHER	AUGENLID	AULA	AUSFLUSS	BÄCKER
BADEORT	BADETUCH	BADESALZ	BAHRE	BANKETT
BARREN	BARKE	BAZILLE	BEAMTIN	BEERE
BEET	BELAG	BERGSEE	BESTECK	BESEN
BETON	BETTLER	BEUTEL	BIKINI	BLASE
BLAZER	BOHLE	BOILER	BONBON	BRAUSE
BRAUE	BREZEL	BRÜHE	BÜGEL	BÜRSTE
BUCKEL	BUCHE	BUG	BUS	BUTLER
CAFE	CELLO	COMPUTER	DAMAST	DARM
DAUNE	DECKEL	DECKE	DEGEN	DESIGNER
DIRNE	DOLCH	DOSE	DRINK	DRUIDE
DÜNE	DÜNGER	DÜRRE	EßTISCH	ECKE
EFEU	EMIRAT	EMIR	ERBIN	ERDAPFEL
ERKER	ERLE	ERZENDEL	ESCHE	ESKORTE
ETUI	FÄNGER	FACKEL	FACHWERK	FANFARE
FEE	FELGE	FELSWAND	FESTZELT	FETZEN
FICHTE	FLANELL	FONDUE	FRISUR	FROTTEE
FUNKEN	FURCHE	GALGEN	GARN	GEBIRGE
GEHIRN	GEHEGE	GELATINE	GELEE	GELB
GELENK	GENICK	GERÖLL	GERTE	GESPENST
GEWINDE	GHETTO	GIFT	GINSTER	GITTER
GLUT	GNOM	GRAU	GROSCHEN	GROTTE
GUTSHERR	HACKE	HALM	HARKE	HARPUNE
HAUSTIER	HEBAMME	HECKE	HEFE	HENKEL
HERPES	HOCKEY	HOFDAME	HONIG	HORMON
HORDE	HUPE	INVALIDE	JACHT	JET
KABEL	KANTE	KANNE	KAPUZE	KAPPE
KAROSSE	KASSETTE	KELCH	KERBE	KINN
KIOSK	KLEE	KNEBEL	KNOSPE	KOCHTOPF
KOLBEN	KOPPEL	KORDEL	KORKEN	KOSMETIK
KRAWATTE	KRIPPE	KÜRBIS	KUCHEN	KUPPEL
LAPPEN	LATTE	LENKRAD	LESEBUCH	LEUCHTER
LIMONADE	LINEAL	LOTSE	MAGD	MANDEL
MANEGE	MASKE	MATTE	MELONE	METEORIT
MIST	MOST	MOTEL	MURMEL	MUSKAT

NAGEL	NARBE	NELKE	NICHTE	NUDEL
OASE	OBELISK	OFEN	OLEANDER	OLIVE
ORCHIDEE	ORGEL	ORKAN	PALME	PARFÜM
PARKBANK	PASTETE	PATE	PENDEL	PFAHL
PFLAUME	PFLOCK	PINSEL	POET	POKAL
POKER	POLSTER	PUDDING	PUDER	PULLOVER
PULT	PYJAMA	RACHEN	RANKE	RAUCH
REBE	RECHNER	RECHEN	RINDE	RIPPE
ROTKOHL	ROUTE	RUTSCHE	SÄULE	SAMEN
SCHUSTER	SCHALE	SCHAUKEL	SCHNEUNE	SEEMANN
SEMMEL	SICHEL	SIEGEL	SPATEN	SPEICHER
SPINDEL	STEAK	STEMPEL	STIFT	STROH
STRICH	TAKT	TALER	TASTE	TEER
TORWART	TRAURING	TRAPEZ	TRESEN	TRESOR
TRICHTER	TRUHE	TULPE	URNE	VERNE
VERANDA	WAGENRAD	WALNUSS	WALZE	WIMPER
WINDEL	WOGGE	WURST	ZIMMERER	ZIPFEL
ZITRONE	ZOPF	ZWETSCHKE	ZWERG	ZWILLING

### 9.2.2 Kategorie: Tiere

Die im Original unterstrichenen Buchstaben sind fett hervorgehoben.

AAL	ADLER	AFFE	AMSEL	ANTILOPE
ARA	BÄR	BARSCH	BIBER	BÜFFEL
BUCHFINK	DACHS	DELPHIN	DOGGE	DROSSEL
EBER	ECHSE	ELCH	ELEFANT	ELSTER
ENTE	ESEL	FASAN	FINK	FISCH
FLOH	FLUNDER	FOHLEN	FORELLE	FROSCH
FUCHS	GANS	GARNELE	GAZELLE	GEPARD
GIRAFFE	GNU	GORILLA	GRILLE	HABICHT
HAHN	HAI	HAMSTER	HAMMEL	HASE
HECHT	HENNE	HERMELIN	HERING	HIRSCH
HORNISSE	HUHN	HUMMER	HUND	HYÄNE
IGEL	ILTIS	JAGUAR	KAMEL	KARPFEN
KATER	KATZE	KOALA	KOBRA	KORALLE
KRÄHE	KRANICH	KRAKE	KREBS	KROKODIL
KRÖTE	KÜKEN	KUH	LACHS	LAMA
LAMM	LAUS	LEGUAN	LEOPARD	LERCHE
LIBELLE	LÖWE	LURCH	MADE	MAKRELE
MAULWURF	MAUS	MILBE	MOSKITO	MÖWE
MUSTANG	MUSCHEL	NASHORN	NASENBÄR	NATTER
OCHSE	PANTHER	PAVIAN	PFAU	PFERD
PINGUIN	PIRANHA	PLÖTZE	POLYP	PONY
PUTE	QUALLE	RABE	RATTE	REBHUHN
REH	ROBBE	SAU	SCHAF	SCHAKAL
SCHLANGE	SCHNECKE	SCHOLLE	SCHWALBE	SCHWAN
SEEMÖWE	SKORPION	SPATZ	SPINNE	STORCH
STÖR	STUTE	TAPIR	TAUBE	TIGER
TRUTHAHN	VIPER	WAL	WELS	WESPE
WIDDER	WOLF	WURM	ZANDER	ZEBRA

## 9.3 Liste aller Stimuli aus Experiment 3

### 9.3.1 Kategorie: Nicht-Tiere

ABGUSS	ABHANG	ACHT	AGENDA	AGENTIN
AHORN	ALBUM	ALKOHOL	AMULETT	ANEMONE
ANORAK	ANPROBE	ANSTALT	ANWOHNER	APRIKOSE
AQUARIUM	ARALSEE	ARCHE	ARKTIS	ASBEST
ASIAT	ASPHALT	AUFSEHER	AUGENLID	AULA
AUSFLUß	AXT	BÄCKER	BADEORT	BADETUCH
BADESALZ	BAHRE	BANKETT	BARREN	BARACKE
BARKE	BASEBALL	BAZILLE	BEAMTIN	BEE
BEERE	BELAG	BERGSEE	BESTECK	BESEN
BETON	BETTNER	BEUTEL	BIKINI	BLASE
BLAZER	BOHRER	BOHLE	BOILER	BONBON
BORTE	BRAUSE	BRAUE	BREZEL	BRÜHE
BÜGEL	BÜRSTE	BUCKEL	BUCHE	BUG
BUS	BUTLER	CAFE	CELLO	COMPUTER
DAMAST	DARM	DAUNE	DECKEL	DECKE
DEGEN	DESIGNER	DIPLOM	DIRNE	DOCK
DOLCH	DOSE	DRINK	DRUIDE	DÜNE
DÜNGER	DÜRRE	EßTISCH	ECKE	EFEU
EMIRAT	EMIR	ERBIN	ERDAPFEL	ERKER
ERLE	ERZENGEL	ESCHE	ESKORTE	ETIKETT
ETUI	FÄNGER	FACHWERK	FACKEL	FAGOTT
FALTE	FALLTÜR	FANFARE	FEE	FELGE
FELSWAND	FESTZELT	FETZEN	FIBEL	FICHTE
FJORD	FLANELL	FONDUE	FRACK	FRISUR
FROTTEE	FÜLLER	FUNKEN	FURCHE	GALGEN
GARN	GASTHOF	GEBIRGE	GEHIRN	GEHEGE
GELB	GELENK	GELEE	GELATINE	GENICK
GERÖLL	GERTE	GESPENST	GEWINDE	GHETTO
GIFT	GINSTER	GITARRE	GITTER	GLUT
GNOM	GRAU	GRANAT	GROSCHEN	GROTTE
GÜTERZUG	GUTSHERR	HACKE	HALM	HAMMER
HANDTUCH	HARKE	HARPUNE	HAUBE	HEBAMME
HECKE	HEFE	HENKEL	HERPES	HOBEL
HOCKEY	HOFTOR	HOFDAME	HONIG	HORMON
HORDE	HUPE	IKONE	INVALIDE	JACHT
JET	KABEL	KAHN	KAJAK	KANISTER
KANTE	KANNE	KAPUZE	KAPPE	KAROSSE
KARAFFE	KARRE	KASINO	KASSETTE	KELCH
KERZE	KERZE	KESSEL	KINN	KIOSK

KLEE	KLUMPEN	KNEBEL	KNOSPE	KOCHTOPF
KOLBEN	KONSERVE	KOPPEL	KORDEL	KORKEN
KOSMETIK	KRAWATTE	KRIPPE	KRISTALL	KRUG
KÜRBIS	KUCHEN	KUPPEL	KURBEL	LAKEN
LAPPEN	LASSO	LATTE	LAVA	LENKRAD
LESEBUCH	LEUCHTER	LIMONADE	LINEAL	LOTSE
MAGD	MANDEL	MANEGE	MARZIPAN	MASKE
MATTE	MELONE	METEORIT	MIST	MOPED
MOST	MOTEL	MURMEL	MUSKAT	NAGEL
NAHT	NARBE	NELKE	NICHTE	NUDEL
OASE	OBELISK	OFEN	OHRRING	OLEANDER
OLIVE	ORCHIDEE	ORGEL	ORKAN	PALME
PARFÜM	PARKBANK	PASTETE	PATE	PENDEL
PFAHL	PFLAUME	PFLOCK	PHOTO	PINSEL
PLANKE	PODEST	POET	POKAL	POKER
POLSTER	PUDER	PUDDING	PULLOVER	PULT
PUMPE	PURPUR	PYJAMA	RACHEN	RANKE
RAUCH	REBE	RECHEN	RECHNER	RINDE
RIPPE	ROTKOHL	ROUTE	RUTSCHE	SÄBEL
SÄULE	SAATGUT	SALZ	SAMEN	SAMT
SAPHIR	SATIN	SCHWERT	SCHAUKEL	SCHEUNE
SCHNUR	SCHALE	SCHUSTER	SEEMANN	SEMMEL
SICHEL	SIEGEL	SIRUP	SPATEN	SPEICHER
SPINDEL	STEAK	STEMPEL	STIFT	STROH
STRICH	TAKT	TALER	TASTE	TEER
TERRAIN	TORTE	TORWART	TRAPEZ	TRAURING
TRESEN	TRESOR	TRICHTER	TRUHE	TULPE
TUNIKA	URNE	VENE	VERANDA	VIOLINE
WAGENRAD	WALNUSS	WALZE	WIMPER	WINDEL
WOGÉ	WURST	YACHT	ZANGE	ZIMMERER
ZIPFEL	ZITRONE	ZOPF	ZWERG	ZWETSCHÉ

**9.3.2 Kategorie: Tiere**

AMSEL	ARA	BÄR	BIBER	DACHS
DOGGE	DROSSEL	EBER	ECHSE	ELCH
ELSTER	FINK	FLOH	FORELLE	FROSCH
GANS	GEPARD	GIRAFFE	GORILLA	GRILLE
HABICHT	HAI	HECHT	HUMMER	IGEL
KAMEL	KOALA	KOBRA	KRÄHE	KRANICH
KREBS	KRÖTE	KÜKEN	LACHS	LAMA
LAMM	LAUS	LEOPARD	LERCHE	LIBELLE
LURCH	MADE	MAKRELE	MOSKITO	MÖWE
MUSTANG	MUSCHEL	NASHORN	NATTER	OCHSE
PANTHER	PFAU	PINGUIN	PIRANHA	PONY
PUTE	RABE	RATTE	REBHUHN	ROBBE
SAU	SCHNECKE	SCHWAN	SCHWALBE	SCHLANGE
SCHOLLE	SPINNE	VIPER	WESPE	ZANDER



## 9.4 Liste aller Stimuli aus Experiment 4

### 9.4.1 Kategorie: unbelebt

Die im Original unterstrichenen Buchstaben sind fett hervorgehoben.

ABAKUS	ABFLUSS	ABGRUND	ABITUR	ABSATZ
ABSTAND	ABWASCH	AKTIE	ALTAR	AMBOSS
AMPULLE	AMPEL	ANKER	ANPFIFF	ARMBRUST
ASCHE	ASPIK	ATTRAPPE	AUFGANG	AUFZUG
AUSPUFF	BADEHOSE	BAGGER	BALLAST	BALSAM
BALLON	BANNER	BAND	BART	BASAR
BASTION	BATIST	BAUPLAN	BECHER	BEIL
BELEG	BESITZ	BIBEL	BILLETT	BILLARD
BISKUIT	BLUSE	BOLZEN	BOWLE	BROSCHÉ
BUCHT	BUDE	CREME	DAMPF	DAMPFER
DECK	DEKOR	DELLE	DESSERT	DIADEM
DIAGRAMM	DIA	DIAMANT	DISKUS	DOCHT
DONNER	DRUCK	DÜSE	EBBE	ECKBALL
ESSIG	EXIL	FAß	FACHBUCH	FELDWEG
FERNROHR	FESSEL	FILZ	FILZHUT	FLAGGE
FLADEN	FLAKON	FLAUM	FLACHS	FLECK
FLITTER	FLINTE	FLORETT	FLÖTE	FLUR
FRACHTER	FRESKO	FUßBODEN	GABEL	GARDINE
GEBÄCK	GEL	GESTELL	GESCHIRR	GEWAND
GIFTGAS	GIPFEL	GIRLANDE	GLOCKE	GLOBUS
GONDEL	GRANATE	GRACHT	GRAUBROT	GUCKLOCH
GURT	GUTSHOF	HAGEL	HALSTUCH	HANDBALL
HANTEL	HARFE	HELM	HEROIN	IGLU
JACKE	JADE	JOURNAL	JUWEL	KÄFIG
KACHEL	KALK	KAMIN	KAMM	KANZEL
KARAMEL	KATAPULT	KEGEL	KEKS	KELLE
KERKER	KEULE	KIMONO	KITT	KLINGEL
KLIFF	KLOS	KLO	KLOTZ	KNOPF
KOCHSALZ	KOMET	KOMMODE	KOMMA	KONFEKT
KONFETTI	KORSETT	KRAUSE	KRATZER	KRAMPF
KRIMI	KRÜCKE	KRUSTE	KÜBEL	KUHLE
KUTTE	LAMPE	LEHNE	LEHM	LINSE
LOGE	LUKE	LUMPEN	LUNTE	LUPE
MAGNET	MANIFEST	MATRAZE	MEHL	MENSA
MESSER	MOKKA	MÜLL	MÜSLI	MÖRTEL
NADEL	NAPF	NUCKEL	OPAL	PADDEL
PAKET	PATRONE	PAUKE	PEDAL	PETITION
PFANNE	PFÜTZE	PIANO	PILLE	PINZETTE

POEM	POSAUNE	POSTER	PRALINE	PRITSCH <b>E</b>
PSAL <b>M</b>	PUP <b>P</b> E	QUAL <b>M</b>	RAN <b>Z</b> EN	RAST <b>H</b> AUS
RE <b>C</b> K	RE <b>N</b> NRAD	RIL <b>L</b> E	RIN <b>N</b> SAL	RO <b>S</b> T
R <b>U</b> ß	RUB <b>I</b> N	RUD <b>E</b> R	RUM <b>B</b> A	RUM
RUN <b>E</b>	SÄ <b>G</b> EWERK	SA <b>F</b> E	SAL <b>B</b> E	SAN <b>D</b> ALE
SA <b>U</b> M	SCH <b>E</b> RE	SCHW <b>E</b> FEL	SCHE <b>M</b> EL	SCH <b>Ä</b> RPE
SCH <b>A</b> L	SCH <b>I</b> LD	SCHA <b>U</b> FEL	SCH <b>L</b> AUCH	SCH <b>M</b> INKE
SEE <b>K</b> ARTE	SE <b>K</b> T	SEN <b>S</b> E	SE <b>N</b> F	SE <b>N</b> KE
SHAM <b>P</b> OO	SMO <b>K</b> ING	SO <b>F</b> A	SOU <b>V</b> ENIR	SPACH <b>T</b> EL
SPAN <b>G</b> E	SPRIT <b>Z</b> E	STAN <b>G</b> E	STAUD <b>A</b> MM	STEL <b>Z</b> E
ST <b>E</b> G	STRE <b>U</b> SEL	STR <b>U</b> MPF	STRO <b>H</b> HUT	STRU <b>D</b> EL
SUP <b>P</b> E	TAB <b>L</b> ETTE	TAD <b>E</b> L	TAL <b>A</b> R	TAP <b>E</b> TE
TAS <b>S</b> E	TA <b>U</b>	TELL <b>E</b> R	TIN <b>T</b> E	TOAST <b>E</b> R
TO <b>P</b> F	TROM <b>P</b> ETE	TUB <b>E</b>	TUCH	TUR <b>B</b> AN
TUS <b>C</b> HE	VASE <b>L</b> INE	VER <b>P</b> UTZ	VID <b>E</b> O	VOLL <b>B</b> AD
VOLL <b>M</b> OND	VOR <b>H</b> ALLE	VOR <b>F</b> ILM	VOR <b>H</b> OF	WAAG <b>E</b>
WAB <b>E</b>	WAN <b>N</b> E	WAPP <b>E</b> N	WAT <b>T</b> E	ZAP <b>F</b> EN
ZEL <b>T</b>	ZEPPE <b>L</b> IN	ZEP <b>T</b> ER	ZU <b>H</b> AUSE	ZWING <b>E</b> R

### 9.4.2 Kategorie: belebt

Die im Original unterstrichenen Buchstaben sind fett hervorgehoben.

ABS <b>E</b> NDER	ADVOKAT	AKROBAT	AK <b>T</b> EUR	AM <b>M</b> E
AN <b>G</b> LER	ART <b>I</b> ST	ATH <b>E</b> NER	AUSH <b>I</b> LFE	BAB <b>Y</b>
BAN <b>D</b> IT	BAP <b>T</b> IST	BAR <b>B</b> AR	BAST <b>L</b> ER	BAUH <b>E</b> RR
BE <b>D</b> UINE	BE <b>N</b> GEL	BO <b>S</b>	BO <b>T</b> E	BOX <b>E</b> R
BÜRO <b>K</b> RAT	BUM <b>M</b> LER	DEN <b>T</b> IST	DIR <b>I</b> GENT	DOM <b>P</b> TEUR
DOZ <b>E</b> NT	DUM <b>M</b> KOPF	EROB <b>E</b> RER	<b>E</b> SKIMO	FÄLS <b>C</b> HER
FE <b>C</b> HTER	FLE <b>G</b> EL	FLOR <b>I</b> ST	FRE <b>U</b> NDIN	GANO <b>V</b> E
GEN <b>D</b> ARM	GEO <b>G</b> RAPH	GE <b>S</b> ELLE	GOL <b>F</b> ER	HÄND <b>L</b> ER
HALUN <b>K</b> E	HARE <b>M</b>	HAUS <b>A</b> RZT	HEL <b>F</b> ERIN	HEL <b>F</b> ER
HEN <b>K</b> ER	HOST <b>E</b> SS	HUM <b>A</b> NIST	HUN <b>N</b> E	HUS <b>A</b> R
IDE <b>A</b> LIST	IDI <b>O</b> T	IM <b>K</b> ER	IND <b>I</b> ANER	IR <b>E</b>
JES <b>U</b> IT	JUN <b>G</b> E	JUN <b>G</b> FER	JUN <b>I</b> OR	KAD <b>E</b> TT
KAIS <b>E</b> RIN	KAL <b>I</b> F	KAN <b>T</b> OR	KAP <b>L</b> AN	KE <b>G</b> LER
KET <b>Z</b> ER	KILL <b>E</b> R	KLO <b>F</b> RAU	KNE <b>C</b> HT	KOM <b>I</b> KER
KONS <b>U</b> L	KOR <b>E</b> ANER	KUM <b>P</b> AN	KUN <b>D</b> IN	KUR <b>D</b> E
LAK <b>A</b> I	LAN <b>D</b> RAT	LE <b>K</b> TOR	LE <b>S</b> ER	LUM <b>P</b>
MAND <b>A</b> NT	MAN <b>A</b> GER	MAUR <b>E</b> R	MEL <b>K</b> ER	ME <b>N</b> TOR
MIM <b>E</b>	MO <b>H</b> R	MOS <b>L</b> EM	MÜ <b>L</b> LER	MUS <b>I</b> KANT
NACH <b>F</b> AHR	NE <b>F</b> FE	NORM <b>A</b> NNE	NOT <b>A</b> R	OM <b>A</b>
OPT <b>I</b> MIST	PÄD <b>A</b> GOGE	PAG <b>E</b>	PAST <b>O</b> R	PAS <b>C</b> HA
PHAR <b>A</b> O	PIAN <b>I</b> ST	PIR <b>A</b> T	POL <b>I</b> N	PRA <b>H</b> LER
PRED <b>I</b> GER	PRO <b>L</b> ET	PROP <b>H</b> ET	RE <b>K</b> RUT	RIN <b>G</b> ER
RIT <b>T</b> ER	RU <b>D</b> EL	SAB <b>O</b> TEUR	SCH <b>A</b> MANE	SE <b>G</b> LER
SE <b>H</b> ERIN	SE <b>N</b> IOR	SIP <b>P</b> E	SNO <b>B</b>	SPR <b>I</b> NTER
SQU <b>A</b> W	STEW <b>A</b> RD	TÄNZ <b>E</b> R	TANK <b>W</b> ART	TEEN <b>A</b> GER
TEN <b>O</b> R	TIROL <b>E</b> R	TYR <b>A</b> NN	UNT <b>E</b> R <b>T</b> AN	URAH <b>N</b> E
VAS <b>A</b> LL	VAT <b>I</b>	VIK <b>A</b> R	WÄR <b>T</b> ER	WIN <b>Z</b> ER
WIT <b>W</b> ER	ZAR	ZAUB <b>E</b> RIN	ZE <b>U</b> GIN	ZIG <b>E</b> UNER

## 9.5 Liste aller Stimuli aus Experiment 6

### 9.5.1 Kategorie: unbelebt

Prime-Target Paare		Übrige Stimuli
ABTEIL	WAGGON	ABLAGE
ANIS	MUSKAT	AMPEL
ARMBAND	BROSCHE	AMULETT
ASPIK	GELEE	ARMBRUST
ATLAS	LEXIKON	ASBEST
BARACKE	RUINE	AULA
BESEN	LAPPEN	BAHRE
BLAZER	FRACK	BARREN
BOLZEN	ZANGE	BECKEN
BREZEL	WAFFEL	BIKINI
BRONZE	MESSING	BOILER
BRÜCKE	STEG	BOLZEN
BÜRSTE	KAMM	BORKE
CELLO	VIOLINE	BRETT
DOLCH	DEGEN	DAMPF
DROPS	BONBON	ECKE
DÜBEL	SCHRAUBE	FACKEL
DUSCHE	WANNE	FALTE
FÄHRE	TANKER	FILTER
FELS	GROTTE	FLINTE
GABEL	MESSER	GALGEN
GEBÄCK	KONFEKT	GEL
GIPFEL	SCHLUCHT	GIFT
GITARRE	PIANO	GIPS
HAUBE	KRONE	HÜRDE
HECKE	STRAUCH	KACHEL
HERBERGE	MOTEL	KAFTAN
HOBEL	BOHRER	KIOSK
HOCKER	SOFA	KLINGEL
JACKE	WESTE	KLIPPE

Prime-Target Paare		Übrige Stimuli
JUDO	KARATE	KORK
JUWEL	DIAMANT	KORSETT
KANDIS	ZUCKER	KRAN
KANU	BOOT	LATTE
KAPPE	TURBAN	LAVA
KELLE	QUIRL	LAWINE
KERKER	KÄFIG	LÖFFEL
KESSEL	TOPF	LUPE
KOMMODE	TRUHE	MATRAZE
KRUG	KARAFFE	MINERAL
KUTSCHE	DROSCHKE	MÜHLE
LAMPE	LATERNE	MULL
LIKÖR	WODKA	PAVILLON
LINOLEUM	PARKETT	PERLE
MOFA	ROLLER	PFAHL
NADEL	FADEN	PUPILLE
OBELISK	STATUE	PUZZLE
OFEN	KAMIN	ROHR
PHOTO	DIA	ROST
PLAKAT	AUSHANG	SÄBEL
POSAUNE	OBOE	SCHAUM
PULLI	BLUSE	SCHILD
PUSTEL	PICKEL	SCHIPPE
RECHEN	HACKE	SCHIRM
ROLLADEN	GARDINE	SCHLINGE
SAFT	NEKTAR	SCHORF
SALBE	PUDER	SCHRANKE
SCHAL	MÜTZE	SEGEL
SCHAUFEL	SPATEN	SENF
SCHINKEN	SALAMI	SPANGE
SCHLIPS	JACKETT	SPATEL
SCHNUR	STRICK	SPIND
SCHRAMME	DELLE	SPIRALE
SCHUH	SANDALE	SPROSSE

Prime-Target Paare		Übrige Stimuli
SCHÜRZE	KITTEL	SPULE
SCHÜSSEL	NAPF	STATIV
SIRUP	HONIG	STROH
SPRITZE	TUPFER	TAPETE
STIFT	FÜLLER	TEER
TASSE	BECHER	TICKET
TEDDY	PUPPE	TINTE
TELLER	TABLETT	TRICHTER
TEMPEL	SYNAGOGE	TUBE
TOASTER	MIXER	VENTIL
TORTE	KEKS	VITRINE
TUNNEL	RÖHRE	WALZE
TUSCHE	PINSEL	WAPPEN
WIPPE	SCHAUKEL	WOLKE
ZAUM	ZÜGEL	ZAPFEN
ZIMT	PFEFFER	ZEPPELIN

### 9.5.2 Kategorie: belebt

Prime-Target Paare		Übrige Stimuli
AHORN	LINDE	AFFE
AMSEL	SPERLING	AGAVE
ANEMONE	ASTER	ALBATROS
ARA	KAKADU	ALGE
ASSEL	ZECKE	AUSTER
AZALEE	KROKUS	BARSCH
BAMBUS	FARN	BIBER
BIRKE	AKAZIE	BIRNBAUM
BUCHE	PAPPEL	BUBIKOPF
BUSSARD	HABICHT	BULLE
DACKEL	PUDEL	DACHS
DROMEDAR	KAMEL	DILL
ECHSE	KROKODIL	ELCH
ELEFANT	GIRAFFE	EMU
ELSTER	BUCHFINK	ESCHE
ENTE	PERLHUHN	ESPE
ESEL	ZEBRA	FINNWAL
FALKE	SCHWALBE	FISCH
FALTER	MOTTE	GORILLA
FASAN	REBHUHN	GRAS
FINK	LERCHE	GRILLE
FLAMINGO	PELIKAN	HAUBITZE
FLOH	WANZE	HECHT
FORELLE	DORSCH	HOLZWURM
FROSCH	KRÖTE	HOPFEN
FUCHS	LUCHS	HUND
GAZELLE	ANTILOPE	KAKTUS
GEMSE	WIDDER	KÄNGURUH
GEPARD	HYÄNE	KLEE
HAI	HERING	KOBRA

Prime-Target Paare		Übrige Stimuli
HAMMEL	LAMM	KORALLE
HAMSTER	MAUS	KORMORAN
HENGST	STUTE	KRÄHE
HENNE	HUHN	KREBS
HERMELIN	MARDER	KRESSE
HIBISKUS	GERANIE	KUCKUCK
HIRSE	MAIS	LAMA
HOLUNDER	LUPINE	LAUS
IGEL	HASE	LILIE
IRIS	DISTEL	LURCH
KALB	KUH	LUZERNE
KAMELIE	DAHLIE	MAIKÄFER
KAMILLE	MELISSE	MAJORAN
KARPFEN	PIRANHA	MALVE
KATER	KATZE	MAULWURF
KLETTE	LIANE	MISPEL
KOJOTE	SCHAKAL	MOLCH
KOLIBRI	DROSSEL	MÜCKE
KRABBE	HUMMER	MUSCHEL
KRANICH	KONDOR	NARZISSE
LACHS	SCHOLLE	PALME
LÄRCHE	ZEDER	PFERD
LEOPARD	LÖWE	PILZ
MAKRELE	KABELJAU	PIROL
MINZE	KERBEL	POLYP
MOSKITO	LIBELLE	RAPS
MUSTANG	PONY	RATTE
NELKE	TULPE	ROBBE
NERZ	OTTER	ROSE
NILPFERD	NASHORN	SAU
OCHSE	RIND	SCHAF
PFAU	HAHN	SCHILF
PUMA	JAGUAR	SCHLANGE
RABE	TAUBE	SCHNEPFE



Prime-Target Paare		Übrige Stimuli
RAUPE	SCHNECKE	SKORPION
REH	HIRSCH	SPATZ
ROGGEN	HAFER	SPECHT
ROSMARIN	OLEANDER	SPERBER
SCHWAN	GANS	SPINNE
STORCH	MÖWE	STAR
TANNE	FICHTE	STÖR
TERRIER	DOGGE	TAPIR
TIGER	PANTHER	TERMITE
TRUTHAHN	PUTE	THYMIAN
ULME	ERLE	UHU
VIPER	NATTER	WACHTEL
WESPE	HORNISSE	WAL
WOLF	BÄR	WEGERICH
WURM	MADE	WILDENTE
ZANDER	AAL	ZYPRESSE

# Anhang B

## 9.6 Fragebogen des Typikalitätsratings

**Liebe Probandin, lieber Proband,**

Im Folgenden möchten wir Dich bitten, die 'Typikalität' einer Reihe von Wörtern einzuschätzen.

Auf dem Fragebogen findest Du Wörter, die einer von zwei möglichen **Gruppen** oder **Oberkategorien** zugehören sollen:

**Tiere**            oder            **belebte Objekte.**

Um ein Gefühl zu bekommen, was für beide Gruppen 'typisch' ist, überlege dir bitte jetzt 5 Mitglieder für jede Gruppe:

Tiere

belebte Objekte

Du sollst nun auf einer Skala von **1 bis 5** (**1 = sehr typisch, 5 = sehr wenig typisch**) einschätzen, wie typisch Deiner Meinung nach die folgenden Wörter für die entsprechende Oberkategorie sind. Die betreffende Oberkategorie wird über jedem Abschnitt angegeben.

**Dabei solltest Du überlegen, wie typisch die folgenden Wörter im Vergleich zu den Beispielen sind, die Dir spontan eingefallen sind.**

Bitte arbeite die Liste von vorne bis hinten sorgfältig durch und sieh dir jedes Wort einzeln an.            Vielen Dank!

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
KOBRA	1	2	3	4	5
REBHUHN	1	2	3	4	5
FISCH	1	2	3	4	5
AMSEL	1	2	3	4	5
WESPE	1	2	3	4	5
AFFE	1	2	3	4	5
HAHN	1	2	3	4	5
ENTE	1	2	3	4	5
NASHORN	1	2	3	4	5
LAUS	1	2	3	4	5

<u>BELEBT</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
HENKER	1	2	3	4	5
KOREANER	1	2	3	4	5
BOTE	1	2	3	4	5
ADVOKAT	1	2	3	4	5
WINZER	1	2	3	4	5
AKROBAT	1	2	3	4	5
PASCHA	1	2	3	4	5
NACHFAHR	1	2	3	4	5
SQUAW	1	2	3	4	5
IDEALIST	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
KAMEL	1	2	3	4	5
REH	1	2	3	4	5
ARA	1	2	3	4	5
PANTHER	1	2	3	4	5
GARNELE	1	2	3	4	5
FINK	1	2	3	4	5
WURM	1	2	3	4	5
GANS	1	2	3	4	5
ELSTER	1	2	3	4	5
EBER	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
GANOVE	1	2	3	4	5
PÄDAGOGE	1	2	3	4	5
MENTOR	1	2	3	4	5
MOSLEM	1	2	3	4	5
DOMPTEUR	1	2	3	4	5
BOß	1	2	3	4	5
ZAUBERIN	1	2	3	4	5
BÜROKRAT	1	2	3	4	5
MUSIKANT	1	2	3	4	5
AKTEUR	1	2	3	4	5

<b><u>TIER/E</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
PIRANHA	1	2	3	4	5
GORILLA	1	2	3	4	5
OCHSE	1	2	3	4	5
AAL	1	2	3	4	5
LEOPARD	1	2	3	4	5
VIPER	1	2	3	4	5
BÜFFEL	1	2	3	4	5
ZANDER	1	2	3	4	5
FOHLEN	1	2	3	4	5
LAMA	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
PAGE	1	2	3	4	5
EROBERER	1	2	3	4	5
KAPLAN	1	2	3	4	5
ARTIST	1	2	3	4	5
JUNIOR	1	2	3	4	5
URAHNE	1	2	3	4	5
ATHENER	1	2	3	4	5
ZAR	1	2	3	4	5
NEFFE	1	2	3	4	5
RITTER	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
LACHS	1	2	3	4	5
POLYP	1	2	3	4	5
SAU	1	2	3	4	5
ROBBE	1	2	3	4	5
FROSCH	1	2	3	4	5
SPINNE	1	2	3	4	5
GIRAFFE	1	2	3	4	5
SKORPION	1	2	3	4	5
LAMM	1	2	3	4	5
HASE	1	2	3	4	5

<u>BELEBT</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
IMKER	1	2	3	4	5
NORMANNE	1	2	3	4	5
UNTERTAN	1	2	3	4	5
PROLET	1	2	3	4	5
BOXER	1	2	3	4	5
MANDANT	1	2	3	4	5
DIRIGENT	1	2	3	4	5
VASALL	1	2	3	4	5
JUNGE	1	2	3	4	5
FREUNDIN	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
GRILLE	1	2	3	4	5
LÖWE	1	2	3	4	5
WELS	1	2	3	4	5
HENNE	1	2	3	4	5
HABICHT	1	2	3	4	5
QUALLE	1	2	3	4	5
DACHS	1	2	3	4	5
BARSCHE	1	2	3	4	5
DROSSEL	1	2	3	4	5
KATER	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
DOZENT	1	2	3	4	5
KURDE	1	2	3	4	5
LANDRAT	1	2	3	4	5
PREDIGER	1	2	3	4	5
GESELLE	1	2	3	4	5
TYRANN	1	2	3	4	5
BABY	1	2	3	4	5
AMME	1	2	3	4	5
MOHR	1	2	3	4	5
SIPPE	1	2	3	4	5

<b><u>TIER/E</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
ESEL	1	2	3	4	5
HAMMEL	1	2	3	4	5
BIBER	1	2	3	4	5
PINGUIN	1	2	3	4	5
KREBS	1	2	3	4	5
KATZE	1	2	3	4	5
NASENBÄR	1	2	3	4	5
SEELÖWE	1	2	3	4	5
KRANICH	1	2	3	4	5
HERMELIN	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
BAUHERR	1	2	3	4	5
FLEGEL	1	2	3	4	5
ZEUGIN	1	2	3	4	5
TEENAGER	1	2	3	4	5
HÄNDLER	1	2	3	4	5
JUNGFER	1	2	3	4	5
LUMP	1	2	3	4	5
PIRAT	1	2	3	4	5
TENOR	1	2	3	4	5
MELKER	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
SCHOLLE	1	2	3	4	5
WIDDER	1	2	3	4	5
HUMMER	1	2	3	4	5
KUH	1	2	3	4	5
DOGGE	1	2	3	4	5
HYÄNE	1	2	3	4	5
PAVIAN	1	2	3	4	5
ZEBRA	1	2	3	4	5
KORALLE	1	2	3	4	5
PONY	1	2	3	4	5

<u>BELEBT</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
HUSAR	1	2	3	4	5
VIKAR	1	2	3	4	5
FLORIST	1	2	3	4	5
KLOFRAU	1	2	3	4	5
ABSENDER	1	2	3	4	5
RUDEL	1	2	3	4	5
KEGLER	1	2	3	4	5
GENDARM	1	2	3	4	5
SEHERIN	1	2	3	4	5
KOMIKER	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
HAMSTER	1	2	3	4	5
PLÖTZE	1	2	3	4	5
TIGER	1	2	3	4	5
KARPFEN	1	2	3	4	5
SCHWALBE	1	2	3	4	5
ANTILOPE	1	2	3	4	5
KRÄHE	1	2	3	4	5
LURCH	1	2	3	4	5
SCHNECKE	1	2	3	4	5
BÄR	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
FECHTER	1	2	3	4	5
KAISERIN	1	2	3	4	5
SENIOR	1	2	3	4	5
JESUIT	1	2	3	4	5
VATI	1	2	3	4	5
BUMMLER	1	2	3	4	5
PROPHET	1	2	3	4	5
INDIANER	1	2	3	4	5
KUNDIN	1	2	3	4	5
ESKIMO	1	2	3	4	5

<b><u>TIER/E</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
SPATZ	1	2	3	4	5
TRUTHAHN	1	2	3	4	5
RABE	1	2	3	4	5
FLOH	1	2	3	4	5
KRÖTE	1	2	3	4	5
LIBELLE	1	2	3	4	5
GNU	1	2	3	4	5
PFERD	1	2	3	4	5
SCHWAN	1	2	3	4	5
MUSCHEL	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
MAURER	1	2	3	4	5
WITWER	1	2	3	4	5
TIROLER	1	2	3	4	5
BASTLER	1	2	3	4	5
HELFER	1	2	3	4	5
KANTOR	1	2	3	4	5
BANDIT	1	2	3	4	5
KONSUL	1	2	3	4	5
TANKWART	1	2	3	4	5
LAKAI	1	2	3	4	5



<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
LERCHE	1	2	3	4	5
TAUBE	1	2	3	4	5
GEPARD	1	2	3	4	5
ADLER	1	2	3	4	5
DELPHIN	1	2	3	4	5
IGEL	1	2	3	4	5
STORCH	1	2	3	4	5
ILTIS	1	2	3	4	5
ELCH	1	2	3	4	5
PUTE	1	2	3	4	5

<u>BELEBT</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
SABOTEUR	1	2	3	4	5
KUMPAN	1	2	3	4	5
OPTIMIST	1	2	3	4	5
LESER	1	2	3	4	5
BAPTIST	1	2	3	4	5
HAUSARZT	1	2	3	4	5
WÄRTER	1	2	3	4	5
HUMANIST	1	2	3	4	5
ANGLER	1	2	3	4	5
PHARAO	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
WAL	1	2	3	4	5
MUSTANG	1	2	3	4	5
ELEFANT	1	2	3	4	5
HECHT	1	2	3	4	5
KROKODIL	1	2	3	4	5
KÜKEN	1	2	3	4	5
MÖWE	1	2	3	4	5
ECHSE	1	2	3	4	5
HAI	1	2	3	4	5
PFAU	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
TÄNZER	1	2	3	4	5
MIME	1	2	3	4	5
BENGEL	1	2	3	4	5
PIANIST	1	2	3	4	5
SPRINTER	1	2	3	4	5
HUNNE	1	2	3	4	5
KADETT	1	2	3	4	5
BARBAR	1	2	3	4	5
FÄLSCHER	1	2	3	4	5
NOTAR	1	2	3	4	5

<b><u>TIER/E</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
MOSKITO	1	2	3	4	5
TAPIR	1	2	3	4	5
KOALA	1	2	3	4	5
WOLF	1	2	3	4	5
HIRSCH	1	2	3	4	5
LEGUAN	1	2	3	4	5
HUHN	1	2	3	4	5
MAULWURF	1	2	3	4	5
HUND	1	2	3	4	5
BUCHFINK	1	2	3	4	5

<b><u>BELEBT</u></b>	<b>sehr typisch</b>		<b>sehr wenig typisch</b>		
KNECHT	1	2	3	4	5
SEGLER	1	2	3	4	5
GEOGRAPH	1	2	3	4	5
ZIGEUNER	1	2	3	4	5
REKRUT	1	2	3	4	5
IDIOT	1	2	3	4	5
HELFERIN	1	2	3	4	5
STEWARD	1	2	3	4	5
HAREM	1	2	3	4	5
MÜLLER	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
JAGUAR	1	2	3	4	5
FUCHS	1	2	3	4	5
FLUNDER	1	2	3	4	5
MADE	1	2	3	4	5
GAZELLE	1	2	3	4	5
MAKRELE	1	2	3	4	5
KRAKE	1	2	3	4	5
FASAN	1	2	3	4	5
SCHLANGE	1	2	3	4	5
HERING	1	2	3	4	5

<u>BELEBT</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
HOSTESS	1	2	3	4	5
OMA	1	2	3	4	5
DENTIST	1	2	3	4	5
KETZER	1	2	3	4	5
DUMMKOPF	1	2	3	4	5
SNOB	1	2	3	4	5
KALIF	1	2	3	4	5
AUSHILFE	1	2	3	4	5
SCHAMANE	1	2	3	4	5
HALUNKE	1	2	3	4	5

<u>TIER/E</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
FORELLE	1	2	3	4	5
STUTE	1	2	3	4	5
MAUS	1	2	3	4	5
SCHAF	1	2	3	4	5
HORNISSE	1	2	3	4	5
STÖR	1	2	3	4	5
MILBE	1	2	3	4	5
SCHAKAL	1	2	3	4	5
NATTER	1	2	3	4	5
RATTE	1	2	3	4	5

<u>BELEBT</u>	sehr typisch		sehr wenig typisch		
BEDUINE	1	2	3	4	5
RINGER	1	2	3	4	5
LEKTOR	1	2	3	4	5
KILLER	1	2	3	4	5
GOLFER	1	2	3	4	5
PRAHLER	1	2	3	4	5
IRE	1	2	3	4	5
PASTOR	1	2	3	4	5
MANAGER	1	2	3	4	5
POLIN	1	2	3	4	5



# Curriculum Vitae

Monica De Filippis

- |                |  |
|----------------|--|
| 07.04.1974     | Geboren in Barcelona (Spanien)   |
| 1993           | Abitur am Albert-Schweitzer-Gymnasium, Wolfsburg   |
| 1994 - 1999    | Studium der Psychologie (Diplom) an der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig  |
| 1996           | Vordiplom in Psychologie   |
| 1998           | Diplomandin am Max-Planck-Institut für neuropsychologische Forschung, Leipzig, Abteilung Neuropsychologie (Prof. Dr. Friederici)   |
| 1999           | Diplom in Psychologie  |
| 1999 - 2002    | Doktorandin am Max-Planck-Institut für neuropsychologische Forschung, Leipzig, Abteilung Neuropsychologie (Prof. Dr. Friederici)   |
| seit Juni 2002 | Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Allgemeinen Psychologie I in der Fakultät für Verkehrs- und Maschinensysteme der Technischen Universität Berlin (Prof. Dr. Thüring) |

# **Bibliographische Beschreibung**

De Filippis, Monica

## **Die visuelle Verarbeitung unbeachteter Wörter Ein elektrophysiologischer Ansatz**

Universität Leipzig, Dissertation

204 Seiten, 202 Literaturangaben, 35 Abbildungen (inkl. Anhang), 9 Tabellen

### **Referat**

Zwei verschiedene Ansätze beschreiben die komplexe Reiz-/Wortverarbeitung. In theoretischen Modellen zur frühen Selektion wird das Stadium der Merkmalsanalyse in der Reizverarbeitung als abhängig von räumlicher Aufmerksamkeit, die gesamte Verarbeitung als geprägt von Selektionsprozessen betrachtet. Modelle der späten Selektion gehen von einer automatischen Verarbeitung aller Reize bis zur Identifikation und einer anschließenden Selektion aus. Diese unterschiedlichen Annahmen können vor allem durch Untersuchungen über die Verarbeitung räumlich unbeachteter Reize überprüft werden. Bisher konnten nur in behavioralen Priming-Studien Hinweise auf die semantische Verarbeitung unbeachteter Reize und eine Beteiligung automatischer Prozesse gefunden werden. Der Nachweis im EEG stand noch aus. Außerdem waren aufgrund der methodischen Einschränkungen behavioraler Studien Fragen zur Kontrolle der räumlichen Aufmerksamkeit und der Möglichkeit der Beteiligung von Aufmerksamkeitsprozessen bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter offen geblieben.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Verarbeitung beachteter und unbeachteter visuell präsentierter Wörter sowohl prä-lexikalisch als auch post-lexikalisch durch Manipulationen von Aufgabenstellung und Distraktormaterial und durch Priming innerhalb einer semantischen Kategorisierungsaufgabe untersucht. Als experimentelle Methode kamen hierbei die ereigniskorrelierten Hirnpotentiale (EKPs) zum Einsatz. Die Zielstellung der Arbeit bestand darin, ein elektrophysiologisches Korrelat unbeachteter Wortverarbeitung zu identifizieren, dessen Un-/Abhängigkeit von räumlicher Aufmerksamkeit zu zeigen und die Beteiligung von Aufmerksamkeitsprozessen allgemein bei der Verarbeitung unbeachteter Wörter zu untersuchen. Dadurch wurde eine fundierte Bewertung und Ergänzung der theoretischen Ansätze zur Reiz-/Wortverarbeitung ermöglicht.

Berichtet werden sechs EKP-Experimente und eine Rating-Studie, die ein einheitliches psycholinguistisches Paradigma - eine Kategorisierungsaufgabe - verwenden. Die EKP-Studien zeigen, daß die semantische Kategorisierung unbeachteter Wörter mit einer frontalen Negativierung von 450-950 ms für die Zielreizkategorie einhergeht, die ohne räumliche Aufmerksamkeit nachzuweisen ist.

Es konnte demonstriert werden, daß diese Negativierung, KAT-Effekt genannt, nicht auf eine prä-lexikalische automatische Verarbeitung zurückzuführen ist, sondern von einem späteren Aufmerksamkeitsmechanismus abhängig ist, der ursprünglich nicht selektierte Reize weiterverarbeitet und sich in einer N2b Komponente äußert. Als zugrundeliegender Prozeß des KAT-Effektes wurde in einer Priming-Studie die kategorielle Integration unbeachteter Wörter identifiziert.

Die vorliegenden Ergebnisse unterstützen die Annahme, daß die semantische Verarbeitung von Wortmaterial unabhängig von räumlicher Aufmerksamkeit ablaufen kann, jedoch nachgeordnete Aufmerksamkeitsmechanismen kritisch für die Verarbeitung unbeachteter Wörter sind. Darüberhinaus erlauben die Ergebnisse es, die beteiligten Aufmerksamkeitsprozesse zu spezifizieren und ihre Interaktion mit beachteter Wortverarbeitung zu beschreiben. Die Ergebnisse zur semantische Verarbeitung unbeachteter Sprache stimmen in wesentlichen Punkten mit theoretischen Ansätzen der frühen Selektion überein, erweitern diese jedoch besonders im Bereich der prä-lexikalischen Verarbeitung um nachgeordnete Selektionsmechanismen.



## Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, daß die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde und daß die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken in der Arbeit als solche kenntlich gemacht worden sind.

Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zwecke einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt.

Leipzig, den 28. Februar 2002

Monica De Filippis

## MPI Series in Cognitive Neuroscience

- 1 **Anja Hahne**  
Charakteristika syntaktischer und semantischer Prozesse bei der auditiven Sprachverarbeitung: Evidenz aus ereigniskorrelierten Potentialen
- 2 **Ricarda Schubotz**  
Erinnern kurzer Zeitdauern: Behaviorale und neurophysiologische Korrelate einer Arbeitsgedächtnisfunktion
- 3 **Volker Bosch**  
Das Halten von Information im Arbeitsgedächtnis: Dissoziationen langsamer kortikaler 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 electro-physiological approach
- 12 **Stefan Frisch**  
Verb-Argument-Struktur, Kasus und thematische Interpretation beim Sprachverstehen
- 13 **Markus Ullsperger**  
The role of retrieval inhibition in direct 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**  
Syntax and Working Memory during Sentence Processing. A neurocognitive investigation using 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