

Die kortikale Verarbeitung semantischer Domänen: eine ERP-Studie

Dissertation

im Fach
Klinische Linguistik
an der
Universität Bielefeld
Fakultät für Literaturwissenschaft und Linguistik

vorgelegt

von

Alexandra Wengenroth

Bielefeld, im November 2005

Erstgutachter: apl. Professor Dr. Dr. Horst M. Müller

Zweitgutachter: Univ.-Professor Dr. Gert Rickheit

An erster Stelle gilt Herrn apl. Prof. Dr. Dr. Horst M. Müller mein herzlichster Dank für die intensive und geduldige Betreuung dieses Unterfangens, ebenso für die Erstellung des Erstgutachtens. Seine unermüdliche Hilfe war der Grundstein für meine wissenschaftliche Ausbildung und diese Dissertation.

Herrn Univ.-Prof. Dr. Gert Rickheit danke ich vielmals für die Erstellung des Zweitgutachtens sowie für seine stete und vielfältige Unterstützung dieses Projekts.

Mein großer Dank geht auch an die AG Experimentelle Neurolinguistik für die Bereitstellung der technischen Geräte und die Diskussionen. Dabei gilt mein besonderer Dank Frau Dr. Sabine Weiss sowie Herrn Prof. Dr. Dieter Metzger als Sprecher des Graduiertenkollegs "Aufgabenorientierte Kommunikation" für die Ermöglichung eines Forschungsaufenthalts am Hirnforschungsinstitut der Universität Wien.

Besonders danke ich der DFG für die finanzielle Absicherung dieses Projekts.

Mein verbindlicher Dank gilt dem Herrn Prof. Dr. Göran Kauermann und Dipl.-Kfm. Michael Windmann vom StatBeCe für die Unterstützung der statistischen Analysen.

Bei Frau M.A. Sonja Folker bedanke ich mich von ganzem Herzen für die Bereitschaft, in kürzester Zeit diese Arbeit Korrektur zu lesen und stets weiterführende Anregungen zu geben.

Bei Grainne Delany bedanke ich mich aufrichtig für die vielseitigen technischen Hilfen.

I.	EINLEITUNG	1
II.	THEORETISCHER TEIL	4
1.	Linguistische Erklärungsansätze zur Verteilung semantischen Wissens über Nomen	4
1.1	Konzepte der Bedeutungserfassung	4
1.2	Grammatikalische Einteilung der Nomina konkreta	10
1.3	Semantische Einteilung der Nomina konkreta	13
1.4	Hierarchische Einteilung der Nomina konkreta	14
2.	Mentale Repräsentationen	16
2.1	Modelle zur Einordnung des semantischen Systems	16
	Begriffsbestimmung	19
	Stufen der semantischen Verarbeitung.....	20
2.2	Modellvorstellungen zur Repräsentation von Wortbedeutungen	22
3.	Neurolinguistische Erklärungsansätze	25
3.1	Erklärungsansätze zur Organisation des semantischen Wissens über Objekte	27
3.2	Studien zur domänenspezifischen semantischen Verarbeitung	40
	Reaktionszeit-Studien.....	41
	EEG-Untersuchungen.....	41
	PET-Studien	44
	fMRT-Studien	46
3.3	Psycho- und neurolinguistische Studien zur lexikalischen Hierarchie von Nomen	47
4.	Aphasiologische Fallstudien	49
4.1	Studien zu domänenspezifischen semantischen Defiziten nach hirnorganischer Schädigung	49
4.2	Tabellarische Auflistung der Fallstudien neurogener semantischer Defizite	52
4.3	Darstellung einzelner Fallstudien.....	62
5.	Elektrische Hirnaktivität beim Menschen	69

II

5.1	Physiologische Grundlagen.....	69
	Großhirnrinde (Zerebraler Kortex, Cortex cerebri).....	69
	Bau und Funktion der Neurone	71
	Ruhepotential und Aktionspotential.....	72
	Weiterleitung der Aktionspotentiale	73
5.2	Grundlagen des EEG	74
	Evozierte Potentiale.....	74
	Frequenzbänder	76
	Das 10/20-System nach H. H. Jasper (1958)	78
6.	Resümee und Forschungsfragen	79
6.1	Resümee	79
6.2	Forschungsfragen	80
III.	EXPERIMENTELLER TEIL	81
7.	Material und Methode	81
7.1	Gegenstand der Untersuchung	81
7.2	Stimuli	82
	Akustisch präsentierte Nomina concreta	82
	Visuell präsentierte Nomina concreta.....	87
	Editierung	90
	Codierung	91
7.3	Versuchspersonen.....	93
7.4	Versuchsdurchführung	93
	Versuchsaufbau	93
	Befragung der Versuchspersonen.....	98
	Elektrodenapplikation	100
7.5	Signalauswertung und -analyse	102
	Präsentationsprogramm.....	102
	Aufnahmeprogramm	102
	Artefaktzurückweisung	102
8.	Ergebnisbeschreibung.....	104

III

8.1	Editierung des EEG	104
	Segmentierung	104
	Artefaktmarkierung	105
	Average und Grand Average	105
	Filter	105
	Peak Detection	105
	Peak Information Export	108
8.2	Statistische Datenanalyse	108
	Wilcoxon Test	108
	Allgemeines Lineares Modell – Univariat	109
8.3	Domänenvergleiche	111
IV.	DISKUSSION	143
	Domänenvergleiche in der akustischen Bedingung	144
	Hierarchienvergleich: Hyperonyme vs. Hyponyme	147
	Domänenvergleiche in der visuellen Bedingung	150
	Vergleich der Ergebnisse	154
	Schlussbemerkung und Ausblick	158
V.	LITERATURVERZEICHNIS	159

I. EINLEITUNG

"A fundamental human faculty is our ability to form DOMAINS and CATEGORIES of knowledge" (Tyler & Moss 2001:244)

Sprache ist eine dem Menschen eigene Kommunikationsform und beschäftigt seit Jahrtausenden Wissenschaftler und Interessierte aus den heute etablierten Bereichen der Philosophie, der Psychologie, der Medizin, der Sozial- und Gesellschaftswissenschaften und vor allem der Sprachwissenschaften. Ebenso vielfältig wie die Disziplinen, die sich mit dem Phänomen Sprache beschäftigen, sind die Ansätze über die Phylogenese und Ontogenese von Sprache, Sprachwandel, Sprachtheorie und Sprachverarbeitung. Durch die Erkenntnis, dass Sprache ein kognitiver Prozess ist und auf neuronale Aktivität zurückzuführen ist, konnte sich die Neurolinguistik sowie die Klinische Linguistik entwickeln und etablieren. Während sich die Klinische Linguistik stärker mit zentralen Sprech- und Sprachstörungen befasst, stellt innerhalb der Neurolinguistik die Frage nach der funktional-anatomischen Repräsentation sowie der neurokognitiven Verarbeitung von Sprache ein zentrales Thema dar (vgl. Müller & Weiss 2002).

In dieser Arbeit soll das begriffliche Wissen über Objekte unserer Umwelt und deren Benennungen untersucht werden. Dabei werden theoretisch-linguistische Vorstellungen der Wortsemantik ebenso wie Daten aus der angewandten Linguistik zur Untersuchung der Repräsentation begrifflichen Wissens herangezogen. Die Semantik beschäftigt sich als Teilgebiet der Linguistik mit dem Sinn und der Bedeutung von Begriffen bzw. der Objekte, die durch diese Begriffe benannt werden. Auf theoretisch-semantischer Ebene können Objekte, deren Benennungen und ihre semantischen Informationen in Kategorien (z.B. Tiere, Werkzeuge, Gemüse) oder Domänen (belebt, essbar, zählbar) eingeteilt werden. Zum anderen sind die neurokognitiven Korrelate der Begriffe besonders wichtig, da der korrekten Wortverarbeitung neuroanatomische Prozesse zugrunde liegen.

Mit Hilfe des semantischen bzw. konzeptuellen Wissens ist es möglich, Objekte zu erkennen, deren Bedeutung korrekt zu verstehen und mit diesen Objekten adäquat

zu agieren. Der rapide Wissensabruf von Bedeutungen von Wörtern oder Benennungen von Objekten unerlässlich, um angemessen an Kommunikationsprozessen teilzuhaben.

Um die beträchtliche Menge an semantischen Informationen über Objekte und deren Benennung entsprechend zu verarbeiten, ist eine Organisation dieses Wissens notwendig, welches im mentalen Lexikon gespeichert wird. Sprache muss kognitiv sparsam sein, um den begrifflichen Aufbau des Lexikons ökonomisch handhaben zu können. Müller und Weiss (2000) sehen die Fähigkeit zur Kategorisierung als ein grundlegendes Prinzip der Kognition an, das sich phylogenetisch entwickelt hat, weil die von den Sinnesorganen aufgenommene Information verringert werden muss, um effizient ausgewertet zu werden. Die Reduktion einer sehr großen Datenmenge in eine ökonomische Masse geschieht durch die selektive Beachtung bestimmter Merkmale und durch die Bildung von Informationskomplexen aus Einzelinformationen, wodurch sich Kategorien oder Domänen bilden. (Müller & Weiss 2000:60).

Des Weiteren sprechen aphasiologische Fallbeschreibungen ebenfalls für eine spezielle Organisation des semantischen Wissens. Einzelne semantische Kategorien (z.B. Obst) oder Domänen (z.B. unbelebt) können auf rezeptiver wie auf produktiver Ebene selektiv erhalten oder gestört sein. Neurophysiologische Untersuchungen an Sprachgesunden zeigen ebenfalls Verschiedenheiten in der Verarbeitung von Kategorien oder Domänen.

Ein weiteres wichtiges Thema dieser Arbeit betrifft den Zusammenhang zwischen ereigniskorrelierten Potentialen (ERP) und semantischen Informationen bzw. semantischen Kategorien und Domänen. Ereigniskorrelierte Potentiale werden durch die wiederholte Präsentation bestimmter sprachlicher oder bildlicher Stimuli sichtbar, wodurch kognitive Prozesse, die der jeweiligen Stimulusgruppe zu Eigen sind, messbar gemacht werden. EEG-ERP-Untersuchungen sind daher ein probates Mittel, neurophysiologische Korrelate kognitiver Prozesse aufzudecken. Die Analyse der ERP-Signale lässt direkte Rückschlüsse auf psychologische Prozesse zu und dient dadurch der Untersuchung sprachlicher Kategorien und Domänen (vgl. Kutas & Hillyard 1980, Weiss & Müller 2003).

In dieser Arbeit soll der Frage nachgegangen werden, ob die semantisch-theoretischen Einteilungen der Objekte, deren Benennungen und ihre semantischen Informationen eine kognitive Realität besitzen. Um der zentralen Frage nach der

Struktur und Organisation des semantischen Systems nachzugehen, wurden sprachgesunden Versuchspersonen verschiedene semantische Domänen akustisch und bildlich dargeboten, während mittels EEG hirnelektrische Signale aufgezeichnet wurden.

In dem ersten Teil dieser Arbeit wird zunächst der theoretische Hintergrund der in dieser Arbeit zentralen Frage nach der Organisation und Struktur des semantischen Wissens erläutert. Dazu werden linguistische Erklärungsansätze zur Bedeutungsbestimmung sowie Vorstellungen zu mentalen Repräsentationen dargestellt. Der Beschreibung der Organisation und Struktur des semantischen Wissens dient außerdem die exemplarische Darstellung aphasiologischer Fallstudien, die ebenfalls beschrieben und interpretiert werden. Weiter werden die aktuell diskutierten und miteinander konkurrierenden neurolinguistischen Erklärungsansätze vorgestellt und mit neurophysiologischen Fallbeispielen belegt. Anschließend wird ein kurzer geschichtlicher Überblick über die Methode des EEG gegeben und die aktuell angewendete Methode wird beschrieben.

Der experimentelle Teil bildet einen weiteren Schwerpunkt in dieser Arbeit. Zunächst wird das Design sowie die Durchführung des neurolinguistischen Experiments aufgeführt sowie dessen Ergebnisse dargestellt. Diese Ergebnisse werden anschließend vor dem Hintergrund der aktuellen Forschungsergebnisse interpretiert.

II. THEORETISCHER TEIL

1. Linguistische Erklärungsansätze zur Verteilung semantischen Wissens über Nomen

Im folgenden Kapitel soll ein kurzer Abriss über die vorhandenen linguistisch-theoretischen Erklärungsversuche zur Erfassung von Bedeutungsinhalten wiedergegeben werden. Diese Darstellung dient der Verdeutlichung, dass die Einteilung von Objekten bzw. Objektamen hinsichtlich ihrer Bedeutungsinhalte auch aus sprachphilosophischer und linguistischer Sicht intensiv untersucht wurde und wird. Aus einem dieser Konzepte, der Merkmalsanalyse, gehen die semantischen Kriterien hervor, die für die Auswahl der in dieser Studie ausgewählten Stimuli entscheidend waren.

1.1 Konzepte der Bedeutungserfassung

Die Semantik beschäftigt sich unter anderem mit der Bedeutung von Objekten und deren Benennungen und ist damit grundlegend für die theoretische Erarbeitung der vorliegenden Problematik sowie die Erstellung des sprachlichen Materials, das in dieser Arbeit untersucht wurde.

Die Bedeutung eines Begriffs lässt sich über verschiedene Wege erschließen (vgl. Franselow & Staudacher 1991). Beispielsweise lässt sich die lexikalische Bedeutung durch eine Darlegung der Definition erläutern. Nach dem Prinzip "Definitio fit per genus proximum et differentiam specificam" (eine Definition geschieht durch die nächsthöhere Gattung und den artbildenden Unterschied) können Begriffe bis zu einem gewissen Maß durch Bezugnahme auf andere Begriffe erläutert werden. Da sie in den meisten Fällen unendlich viele Unterschiede haben, die nicht vollständig genannt werden können, sind Definitionen stets unvollendet.

Weiterhin unterscheiden sich verschiedene Theorien über den Begriff der Bedeutung per se in ihrer Ansicht über Referenz und Denotation (Lyons 1991:8ff). Die Bedeutung von Nomen lässt sich beispielsweise über die Begriffe *Intension* und *Extension* erschließen. Dabei umfasst die Intension die Merkmale eines Nomens, die

durch bestimmte Attribute definiert werden und die es (das Nomen) charakterisieren (Algeo 1973:53f). Die Intension eines Begriffs bezeichnet demnach seinen Sinn. Die Begriffe Geige vs. Violine sind z.B. aus Sicht ihrer Intension identisch, weil sie dieselben semantischen Merkmale und somit denselben Sinn haben (Bußmann 2002:312). Als Extension hingegen wird die Klassen der Elemente, die der Ausdruck bezeichnet beschrieben (Bußmann 2002:209). Eine Klasse von Mitgliedern hat selbst keine gemeinsamen Merkmale (Algeo 1973:54). Die Bezeichnungen Abendstern vs. Morgenstern sind demgemäß extensional identisch, weil sie sich auf dieselbe Klasse von Elementen beziehen. Ihre Intension hingegen ist unterschiedlich (Bußmann 2002:209).

Erste Ideen zu sprachlichen bzw. semantischen Feldern (i.S.v. semantisch verwandten Klassen von Begriffen) sahen die Bedeutungsverbindungen zwischen Wörtern als assoziativ oder taxonomisch an. Die Grundidee ist dabei, dass sie Wörter repräsentieren, die sich semantisch ähnlich sind und netzartig untereinander verknüpft sind (Schwarz & Chur 1996:74). Die daraus resultierenden assoziationspsychologischen Experimente zeigten die sprachliche Realität von Wortfeldern; Stimulus-Response-Untersuchungen konnten die semantischen Verknüpfungen von Begriffen belegen (Deese 1965 in Sucharowski 1996:145f). Weitere Untersuchungen zu sprachlichen Feldern zeigten, dass Wörter mit ähnlicher oder verwandter Bedeutung Verarbeitungsvorteile untereinander haben (z.B. Deese 1965 in Sucharowski 1996:145f, Levelt, Roelofs & Meyer 1999, Kiefer 2005, Zwitserlood, Bolwiender & Drews 2005).

Der Philologe und Etymologe Jost Trier (1894-1970) hat mit seiner Arbeit zu sprachlichen Feldern (1931/1973) das Wortfeld als linguistischen Begriff geprägt und bezeichnet es als inhaltlich zusammengehörigen Teilausschnitt des Wortschatzes (Trier 1931/1973:1). Ein Grundgedanke der Trierschen Wortfeldtheorie ist die strenge Abhängigkeit der Bedeutung eines Wortes von den Bedeutungen seiner semantisch verwandten Nachbarn – wodurch eine Bedeutungsverschiebung des gesamten Wortfeldes einhergeht, wenn sich die Bedeutung eines Mitglieds dieses Wortfeldes ändert. Des weiteren postuliert Trier ein lückenloses Netz von Wortfeldern, die die sprachliche Realität wiedergeben. Die einzelnen Wortfelder sind aus vielen Mosaiken zusammengesetzt (Trier 1931/1973:1-26). Ein Wortfeld beinhaltet also bedeutungsgleiche oder bedeutungsähnliche Lexeme. Bei Gegenständen (die grundsätzlich durch Nomina concreta beschrieben werden)

spricht man auch von einem Sachfeld, innerhalb dessen sich wiederum verschiedene Hierarchien bilden. Somit lassen sich alle sinnverwandten Nomen lückenlos und vollständig in verschiedene Sachfelder einordnen. Die Wortfamilie beschreibt dagegen eine Gruppe von Wörtern, die ein und dieselbe etymologische Herkunft haben. Diese Gruppe besteht aus verschiedenen Wortarten und ihre Mitglieder sind Ableitungen eines Grundlexems. Sucharowski (1996:148) weist jedoch darauf hin, dass die Wortfeldtheorie aus Gründen fehlender methodischer Mittel keine wissenschaftliche Anwendung finden konnte. Da die Wortfeldtheorie einen Vollständigkeitsanspruch im Sinne einer kompletten Auslegung der Merkmale von Gegenständen und deren Benennungen nicht erfüllen konnte und ihr darüber hinaus die Systematik fehlt, wie zu bestimmen war, ob ein Wort zu dem einen oder anderen Wortfeld gehörte und welche Position es in diesem Wortfeld einnahm, mussten objektive Kriterien gefunden werden, die diesem Bedürfnis gerecht wurden. Die Erstellung semantischer Relationen und Merkmale diente diesen Forderungen.

Weiterhin kann die Bedeutung eines Begriffs über die Aufgliederung der einzelnen Bedeutungsbestandteile, d.h. semantisch kleinere Einheiten als das ganze Wort, erfolgen. In Algirdas Julien Greimas' Semantiktheorie (1971) werden diese kleinsten semantischen Einheiten als Seme bezeichnet. So ist die Auflistung der semantischen Merkmale bzw. Seme ein taugliches Mittel für die theoretische Beschreibung der Bedeutung von Objekten. Die Zerlegung von Wörtern in semantische Merkmale erlaubt nicht nur eine theoretische Kontrastierung in verschiedene Wortgruppen (bzw. semantische Kategorien oder Domänen), sondern sie ermöglicht darüber hinaus eine genaue Spezifizierung des tatsächlichen Wortgebrauchs. Es existieren allerdings dafür keine allgemein anerkannte Klasse von semantischen Merkmalen, die die Beschreibung von Nomen vollziehen, sondern es werden Ausdrücke der Umgangssprache verwendet (Bußmann 2002:594). Somit entsteht für jedes Wort ein sprachliches Feld.

Die Komponentenanalyse (synonym: Merkmalanalyse) unterstützte die Systematisierung der Bedeutungsbestimmung. Auf die Methode der Komponentenanalyse wird an dieser Stelle etwas genauer eingegangen, da sie bei der Stimulusauswahl entscheidend war. Vertreter der Komponentenanalyse gehen davon aus, dass sich die Bedeutungen von Begriffen in einzelne Komponenten oder Merkmale zergliedern lassen (Schumacher & Steiner 2002:181). Louis Hjelmslev (*1899 - †1965) begründete 1957/1971 die Komponentenanalyse, die eine

Weiterführung von Ferdinand de Saussures (*1857 - †1913) Konzept der Dichotomie der Zeichen ist. In der Komponentenanalyse werden lexikalische Einheiten in ihre semantischen Bestandteile (Seme) zerlegt, die bei der Analyse durch + oder - die An- bzw. Abwesenheit eines Merkmals beschreiben. Somit entstehen für jeden Begriff Merkmalsbündel. Diese elementaren Eigenschaftskomponenten strukturieren Begriffe binär und lassen somit eine Distinktion zu anderen Lexemen zu. Nach diesem Konzept werden auch phonologische oder syntaktische Beziehungen der Sprache durch die Darstellung von An- bzw. Abwesenheit von Phonemen oder Syntaxregeln analysiert (vgl. Hjelmslev 1968).

Die traditionellen linguistischen Erklärungsansätze können der Erkenntnis, dass Begriffe allein schon aus ökonomischen Gründen auf irgendeine Weise organisiert sein müssen, da ansonsten die große Menge semantischer Informationen und lexikalischer Einträge nicht in so hoher Geschwindigkeit verarbeitet werden kann, nicht gerecht werden, so dass interdisziplinäre Annahmen entworfen wurden. Einen kognitionspsychologischen Erklärungsansatz basierend auf dieser Annahme entwickelte unter anderem die amerikanische Psychologin Eleanor Rosch in den 70er Jahren des 20. Jh.. Sie ist die wichtigste Vertreterin dieses Ansatzes. Ihre Prototypentheorie widerlegt die klassische strukturalistische Bedeutungstheorie. Laut der relativ jungen Prototypentheorie lässt sich die Bedeutung eines Wortes nicht unbedingt durch die Menge seiner notwendigen und hinreichenden Merkmale definieren, sondern die semantischen Merkmale sind vielmehr graduell abgestuft. Somit ist eine eindeutige Zuordnung zu einer Kategorie in vielen Fällen nicht möglich (Bärenfänger 2002:200). Nach Roschs Prototypentheorie (1975, 1976) existieren für jede Kategorie prototypische Vertreter, die sehr typische Merkmale für diese Kategorie aufweisen (z.B. ist ein Apfel ein prototypischeres Obst als eine Physalis). Bezeichnungen der Prototypen liegen auf dem mittleren Abstraktionsniveau, was Rosch als Basisebene bezeichnet (Rosch 1975:224f) (z.B. superordinate level: Tier, basic level: Hund, subordinate level: Weimaraner) (Rosch 1975:224f, Rosch et al. 1978:32, Kiefer, Mangold-Allwin & Baratelli 1995:382).

Mangasser-Wahl (2000) fasst Roschs Prototypentheorie treffend folgendermaßen zusammen:

1. Kategorien werden nicht immer durch die Verbindung von notwendigen und hinreichenden Merkmalen definiert.
2. Merkmale sind nicht grundsätzlich binär, d.h. sie treffen nicht immer *entweder-oder* zu, sondern manchmal auch *mehr-oder-weniger*.
3. Kategorien verfügen nicht immer über klar definierte Grenzen.
4. Nicht alle Mitglieder verfügen über den gleichen Stellenwert (interne Kategorienstruktur nach dem Prototypenprinzip).
5. Kategorien werden nicht immer arbiträr gebildet.
6. Es gibt eine ausgezeichnete Abstraktionsebene bei der Kategorisierung: die Basisebene. (Mangasser-Wahl 2000:15)

Laut dieser Theorie können Begriffe zwar hinsichtlich ihrer allgemeinen Bedeutungsinhalte gegliedert werden, diese werden hierbei jedoch nicht klar und deutlich abgegrenzt und variieren individuell. Durch diese unscharfen Grenzen kann ein Begriff sowohl der einen als auch einer anderen Kategorie angehören (vgl. das Experiment von Labov 1973 zur Benennung von Tassen und Schalen; in Bärenfänger 2002:2003ff.). Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel.

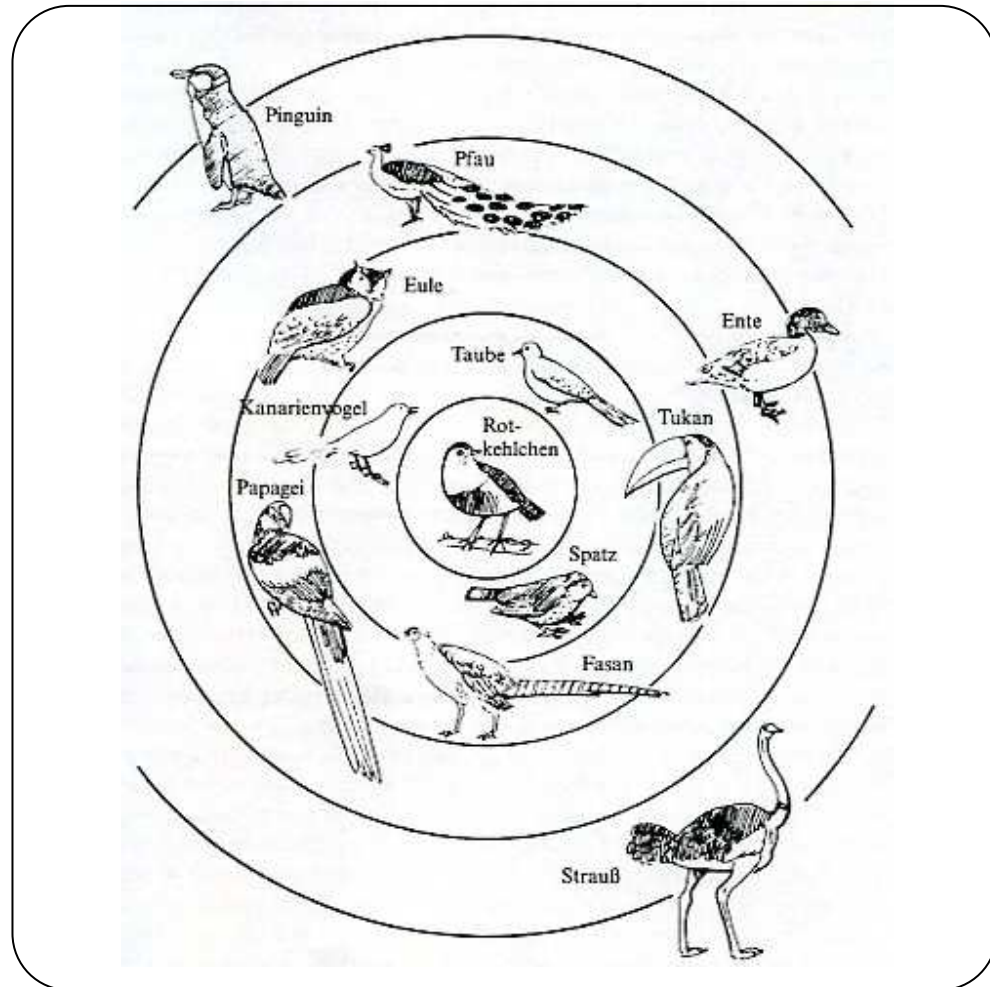


Abb. 1: Mögliche innere Struktur der Kategorie Vögel nach der Prototypentheorie (Aitchison 1997:68).

Auch zu kognitiven Entsprechungen dieser lexikalischen Hierarchien gibt es psycholinguistische und neurolinguistische Untersuchungen, wie sie unter anderem Rosch durchgeführt hat (Rosch 1975, Rosch et al. 1976 & 1978, Kiefer 1996 & 1999).

Rosch et al. (1976) nehmen als verarbeitungseinfachste Ebene beim Benennen (Kategorisierungsaufgaben) das mittlere Abstraktionsniveau in den lexikalischen Hierarchien an. Dieses auch als Basisebene beschriebene Level fasst Objekte zusammen, die einander noch ähnlich genug sind, um sie mit einem Begriff zusammenzufassen, wie z.B. Blume oder Hund. Übergeordnete Begriffe beschreiben untereinander zu unähnliche Objekte, d.h. dass der Rezipient nicht mehr verstehen kann, auf was der Begriff genau referiert (z.B. Er hat ein neues Tier.). Untergeordnete Begriffe enthalten viele spezifische distinkte Informationen über das Objekt, was den Verarbeitungsaufwand erhöht. Daher wird die Basisebene bevorzugt bei Benennaufgaben verwendet (Rosch et al. 1976:383ff). Außerdem werden die Begriffe der Basisebene früher als alle anderen Objektbezeichnungen im

Spracherwerb erlernt (Kiefer et al. 1995:384). Die Basisebene hat darüber hinaus den Vorteil, dass die Objekte beschreibt, die noch so viele gemeinsame Merkmale haben, dass sie sich in ihrer Funktion und im Aussehen noch bedeutsam ähnlich sind. Die Bildhaftigkeit nimmt bei abstrakteren Begriffen ungleich stärker ab als sie bei spezifischeren Begriffen zunimmt. Daher benötigt die Verarbeitung spezifischerer Begriffe eine detailliertere Analyse der Merkmale als diese bei Begriffen der Basisebene nötig ist. Abstraktere Begriffe hingegen erfordern auch einen höheren Verarbeitungsaufwand, da für deren Verarbeitung taxonomische bzw. kategoriale Informationen abgerufen werden müssen und ein schneller Repräsentationsabruf durch Form-Funktion-Merkmale nicht mehr ausreicht (Kiefer et al. 1995:383f).

Der Status von semantischen Merkmalen ist trotz aller theoretischer Ansätze schwer zu erfassen. Vielmehr haben Untersuchungen aus dem Bereich der praktischen merkmalsorientierten Semantik Auskünfte über die Organisation des begrifflichen Wissens geliefert.

Nomen können nicht nur hinsichtlich ihrer semantischen Merkmale gegliedert werden, sondern auch nach grammatikalischen Gesichtspunkten. Der folgende Abschnitt erklärt die Einteilung der Konkreta nach der aktuellen Duden-Grammatik und begründet aus dieser Sicht die Auswahl der hier verwendeten Stimuli.

1.2 Grammatikalische Einteilung der Nomina konkreta

Substantive (oder Nomen) werden in der Deutschen Sprache in Konkreta und Abstrakta eingeteilt. Untergruppen der konkreten Nomen sind Nomina Propria (Eigennamen wie z.B. Emma, Uhu[®], Starnberger See) und Nomina Appellativa (Gattungsbezeichnungen wie Glas, Schere, Bein). Laut Krifka (1991) werden die Gattungsbezeichnungen in vielen natürlichen Sprachen weiter in Individualnomina und Massennomina unterteilt. Individualnomina sind zählbar (z.B. Schiff, Topf, Hose). Massennomina sind dagegen nicht zählbar und lassen sich weiterhin unterteilen in Stoffnomina (z.B. Tinte, Leder, Tee) und Kollektivnomina (z.B. Schmuck, Kleidung, Unkraut) (Krifka 1991:399, so auch Bußmann 2002:422f).

Der Grammatik-Duden hingegen (1998) beschreib als weitere Untergruppen der Gattungsbezeichnungen die Sammelbezeichnungen (Kollektiva) und Stoffbezeichnungen (Massen- oder Materialbezeichnungen) (Duden, Die Grammatik

2005:174ff). Eine vereinfachte Darstellung der grammatikalischen Einteilung nach dem Duden bietet die nachstehende Abbildung.

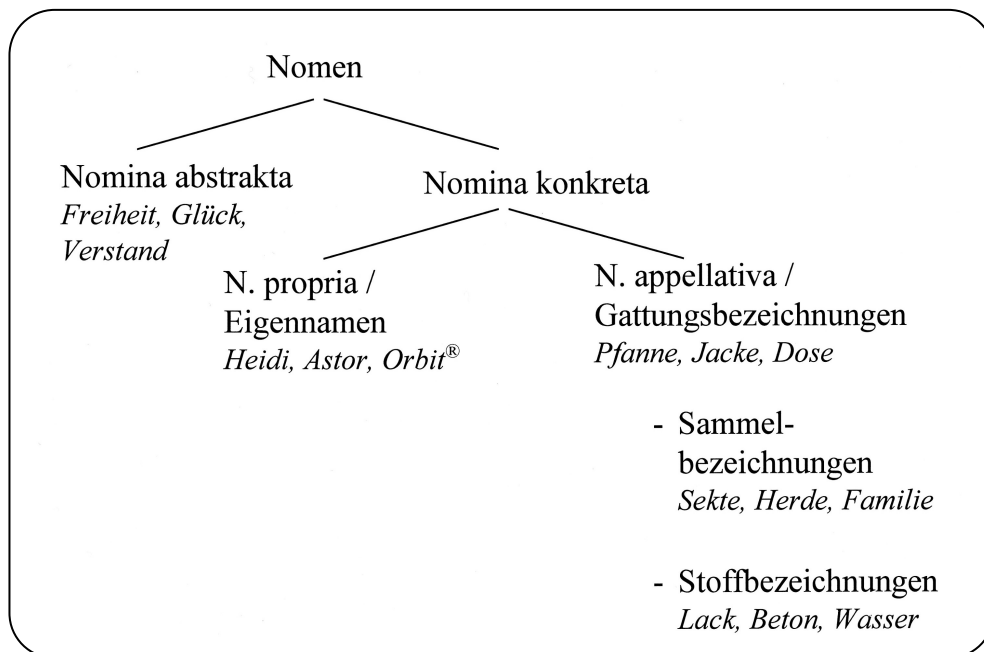


Abb. 2: Die Einteilung der Nomina Konkreta nach der Duden-Grammatik (2005).

Sammelbezeichnungen beschreiben eine Mehrzahl von Sachen, wie z.B. Besteck oder Gerät. Wenn sie singularisch verwendet werden, so sind sie entweder Sammelbezeichnungen oder lediglich Gattungsbezeichnungen, verwendet man sie im Plural, dann sind es reine Gattungsbezeichnungen. Nicht jede Gattungsbezeichnung ist eine Sammel- oder eine Stoffbezeichnung, d.h. dass nicht alle Sammel- und Stoffbezeichnungen zusammen die Gesamtheit der Gattungsbezeichnungen beschreiben, sondern dass es auch Gattungsbezeichnungen gibt, die weder Sammel- noch Stoffbezeichnungen sind (z.B. Apfel, Tisch, Haus). Für diese Gattungsbezeichnungen gibt es jedoch keine spezielle Terminologie (Glück 2000:352, 635, 695).

Sammelbezeichnungen schließen solche Nomen ein, die hinsichtlich ihrer semantischen Spezifität weniger konkret sind als andere Gattungsbezeichnungen (z.B. Besteck [Sammelbezeichnung] – Gabel [reine Gattungsbezeichnung], Gerät [Sammelbezeichnung] – Mixer [reine Gattungsbezeichnung]). Daher sind sie im Vergleich zu den semantisch spezifischeren Begriffen (wie z.B. Gabel oder Mixer) als Oberbegriffe bzw. Hyperonyme zu bezeichnen. In dieser Arbeit wurden zwei verschiedene Hierarchien (i.S.v. semantischer Spezifität) untersucht. Diese werden in dem Unterpunkt I.1.4 *Hierarchische Einteilung der Nomina concreta* näher beschrieben.

In dieser Arbeit werden ausschließlich Gattungsbezeichnungen als Untergruppe der Nomina concreta dargeboten. Psycho- und neurolinguistische Evidenzen untermauern die kognitive Realität der definitonischen grammatikalischen Einteilung in Gattungsbezeichnungen und Eigennamen (vgl. Müller 2004:79f). Innerhalb der Gattungsbezeichnungen gibt es vielmehr Evidenzen für semantische Ungleichheiten denn für grammatikalische. Die Studien zu den psycho- und neurolinguistischen Hinweisen semantischer Unterschiede innerhalb der Gattungsbezeichnungen werden im Kapitel I.3. *Neurolinguistische Erklärungsansätze* beschrieben.

1.3 Semantische Einteilung der Nomina concreta

Weiterhin wurden die Nomen nach semantischen Kriterien unterschieden. Diese semantische Einteilung geht vom Grundprinzip der Komponentenanalyse (Merkmalanalyse) aus. Dabei wird, wie oben bereits beschrieben, davon ausgegangen, dass sich theoretisch alle konkreten Nomen in verschiedene semantische Merkmale zerlegen lassen. Die aus den Merkmalsbündeln prägnantesten, wichtigsten und bedeutsamsten Merkmale werden als Grundlage für die Einteilung in semantische Domänen verwendet. Diese semantischen Gruppen, deren Gemeinsamkeit die allgemeinen Attribute (z.B. belebt, unbelebt, essbar, nicht essbar) der verschiedenen Wörter sind, spiegeln also einen Hauptaspekt der Bedeutung des jeweiligen Wortes wider.

Die Begriffe *Kategorie*, *Domäne* und *Klasse* (von *Objekten/Nomen*) werden in der linguistischen Literatur uneinheitlich verwendet. Es handelt sich dabei jedoch immer um eine Gruppe von Nomen, die unter einem Grundattribut, wie z.B. belebt oder unbelebt zusammengefasst werden (z.B. Lee et al. 2002:1). Der Begriff *Kategorie* wird z.B. von Warrington und McCarthy (1983), Warrington und Shallice (1984), Farah, McMullen und Meyer (1991) sowie Shelton, Fouch und Caramazza (1998) verwendet, wohingegen z.B. Tranel, Damasio und Damasio (1997) sowie Caramazza und Shelton (1998) von *Domänen* sprechen. De Renzi und Lucchelli (1994) sprechen von einer *Klasse*, wenn sie diese semantische Gruppe meinen und Borgo, Mondini und Bisiacchi (2003) sprechen von einer *konzeptuellen Klasse*.

In dieser Arbeit wird der Terminus *Domäne* verwendet. Mit *Domäne* ist in dieser Arbeit weder eine Wortfamilie noch ein Wortfeld gemeint, sondern vielmehr eine Gruppe von Nomen mit einem gleichem allgemeinen semantischen Merkmal (wie z.B. belebt oder essbar). Die in dieser Arbeit verwendeten semantischen Domänen sind demnach wortfeld- bzw. wortfamilienübergreifend.

1.4 Hierarchische Einteilung der Nomina konkreta

Weiterhin liegt der Menge der Nomen ein Organisationsprinzip zugrunde, welches diese in lexikalische Hierarchien zergliedert. Dabei sind die Hyponyme (subordinierte Nomen) stets Teile des jeweiligen Hyperonyms (superordiniertes Nomen). Diese beiden Ebenen bedingen sich gegenseitig und bezeichnen einen Sachverhalt aus zwei verschiedenen Blickwinkeln, nämlich Überordnung und Unterordnung (Schumacher & Steiner 2002:188, Arbeitsbuch Linguistik). Die Tatsache, dass Nomen in ihrer lexikalischen Spezifität variieren, führt zu einer taxonomischen Hierarchie. Das bedeutet, dass Nomen mit höherem Abstraktionsgrad solche mit geringerem Abstraktionsgrad (bzw. spezifischere Nomen) semantisch einschließen (Mangold-Allwin 1995:116), wie es in der folgenden Abbildung dargestellt wird.

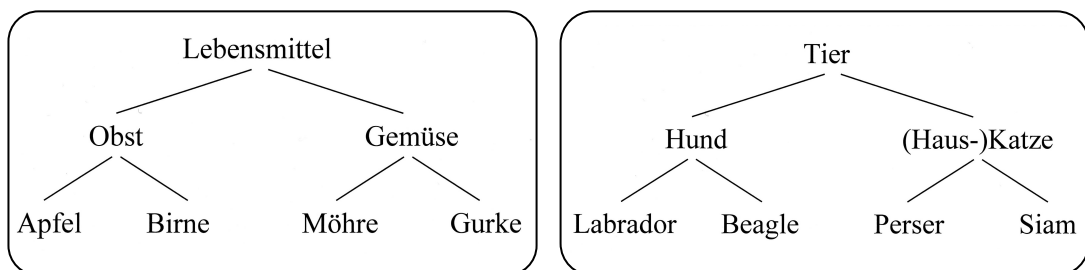


Abb. 3: Beispiele für taxonomische Hierarchien innerhalb der beiden Kategorien *Tier* und *Lebensmittel*.

Anhand der in Abbildung 3 aufgeführten Beispiele lässt sich erkennen, dass zwar die eine Stufe unter dem Oberbegriff *Tier* liegenden Begriffe *Hund* und *Hauskatze* oder weitere semantisch nebengeordnete Begriffe (Kohyponyme wie z.B. Vogel, Maus, Elefant) sehr wohl als Begriffe der Basisebene (wie Rosch sie bezeichnet) angesehen werden können, dass aber die Begriffe *Obst* und *Gemüse* zu unterschiedliche Kategorienmitglieder haben, als dass sie sinnvolle Basisbegriffe zur Beschreibung von Objekten dieser Kategorie wären. Vielmehr ist bei der Kategorie der Lebensmittel eine spezifischere Ebene notwendig, um Objekte mit ausreichend gemeinsamen Merkmalen mit dem abstraktesten Begriff zu bezeichnen. Diese Beispiele zeigen, dass je nach Kategorie der Abstand zum abstrakten (i.S.v. semantisch wenig spezifischen) Nomen unterschiedlich groß sein kann. So sind beispielsweise weite Unterbegriffe von *Apfel* wie *Cox Orange*, *Elstar* oder *Braeburn*

gänglich. Die in dieser Arbeit verwendeten Hyperonyme und Hyponyme sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Weiter kann eine zusätzliche, abstraktere Ebene hinzugefügt werden: die Universalbegriffe. Als Universalbegriffe werden Begriffe beschrieben, die die semantisch allgemeinste und unspezifischste Gruppe der Nomen bilden. Dazu gehören z.B. Nomen wie *Ding* oder *Sache*. Darunter liegend befinden sich die Hyperonyme und als spezifischste Ebene in die Hyponyme. Die Abbildung 4 zeigt schematisch die verschiedenen Hierarchien.

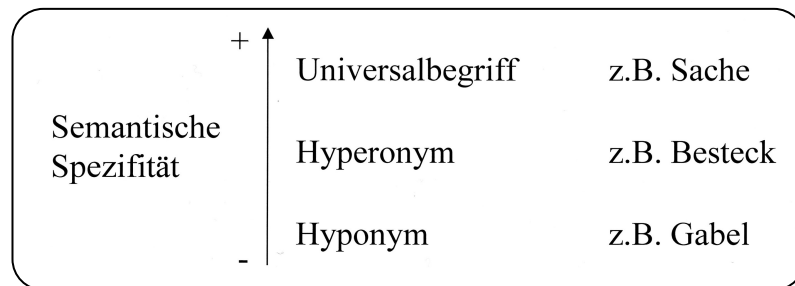


Abb. 4: Die semantische Spezifität von Nomen.

Die Abbildung 5 fasst die linguistischen Auswahlkriterien der Stimuli zusammen.

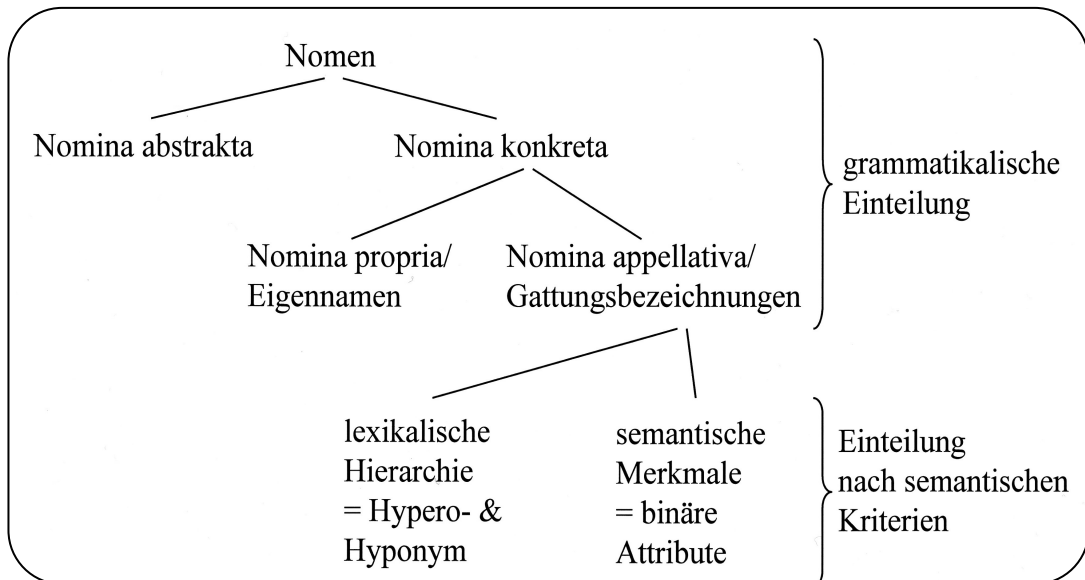


Abb. 5: Die Einteilungskriterien der Nomina konkretia in dieser Arbeit.

2. Mentale Repräsentationen

**"The lexicon can be seen as the backbone of language ability"
(Libben & Jarema 2002:2).**

Im Folgenden soll zunächst ein grober Überblick der Einzelwortverarbeitung am Beispiel eines Modells dargestellt werden. Auch wenn das folgende Modell nicht den Aufbau des semantischen Systems erklärt, der für die vorliegende Fragestellung von besonderer Bedeutung ist, so dient es doch der Einordnung des semantischen Systems in den Wortverarbeitungsprozess. Um die Organisation und Struktur des semantischen Wissensspeichers zu erforschen, muss dessen Position in den Sprachrezeptions- und Sprachproduktionsprozess eingefügt und verdeutlicht werden. Das soll das folgende Modell leisten.

Ferner werden in dem folgenden Kapitel die Stufen der semantischen Verarbeitung erläutert und wichtige Modelle zur semantischen Repräsentation erläutert.

2.1 Modelle zur Einordnung des semantischen Systems

Das Logogen-Modell nach Lesser und Milroy (1993) erklärt die Einzelwortverarbeitung hinsichtlich verschiedener Modalitäten (Verstehen, Lesen, Sprechen und Schreiben) sowie die Rezeption, Speicherung und Produktion von Begriffen und deren Bedeutung auf den linguistischen Ebenen der Phonologie, des Lexikons und der Semantik. Das zentrale Modul des Modells ist das semantische System (cognitive system), auf das separat über die verschiedenen Modalitäten zugegriffen werden kann. Über die akustische Route wird akustischer Input – wenn dieser als Sprache aus Neben- und Störgeräuschen erkannt wird – in phonematische Information umgewandelt und als Reihe von Phonemen in das auditive Eingangslexikon (auditory input lexicon) gesendet. Dort findet ein Abgleich zwischen der gespeicherten Information und der ankommenden Information statt. Stimmt die angekommene Information mit einem Eintrag im auditiven Eingangslexikon überein, wird das signalisiert, so dass der Abgleichprozess beendet werden kann. Darauf folgend gelangt die Information in das semantische System, um

die Wortbedeutung abrufbar zu machen. Die Organisation und Struktur des semantischen Systems wird in dem Logogen-Modell nicht erläutert. Hierfür gelten die Annahmen, die durch Theorien speziell zum semantischen Speicher vorliegen (z.B. Überblick in Richard 2003). Phonemerkennungs- oder Wortentscheidungs-Experimente sowie Priming-Experimente konnten zeigen, dass auch eine rückwärtslaufende Informationsverarbeitung (bottom up) zustande kommen kann. Als Basis für die Wortproduktion gilt das semantische System, in dem die Wortbedeutung abgerufen werden kann, die dann die semantischen Informationen weiterleitet, damit die Wortform, die im phonologischen Ausgangslexikon (phonological output lexicon) gespeichert ist, aktiviert werden kann. Der Informationsfluss geht weiter über den phonemischen Buffer (in dieser Abbildung nicht aufgeführt), befindet sich zwischen dem phonological output lexicon und dem response buffer, in dem die Phoneme der Wortform linear angeordnet sind, anschließend findet eine Phonem-Laut-Konversion statt, die unmittelbar der neuromuskulären Ausführung (speech) vorgeschaltet ist (Tesak 1997:56).

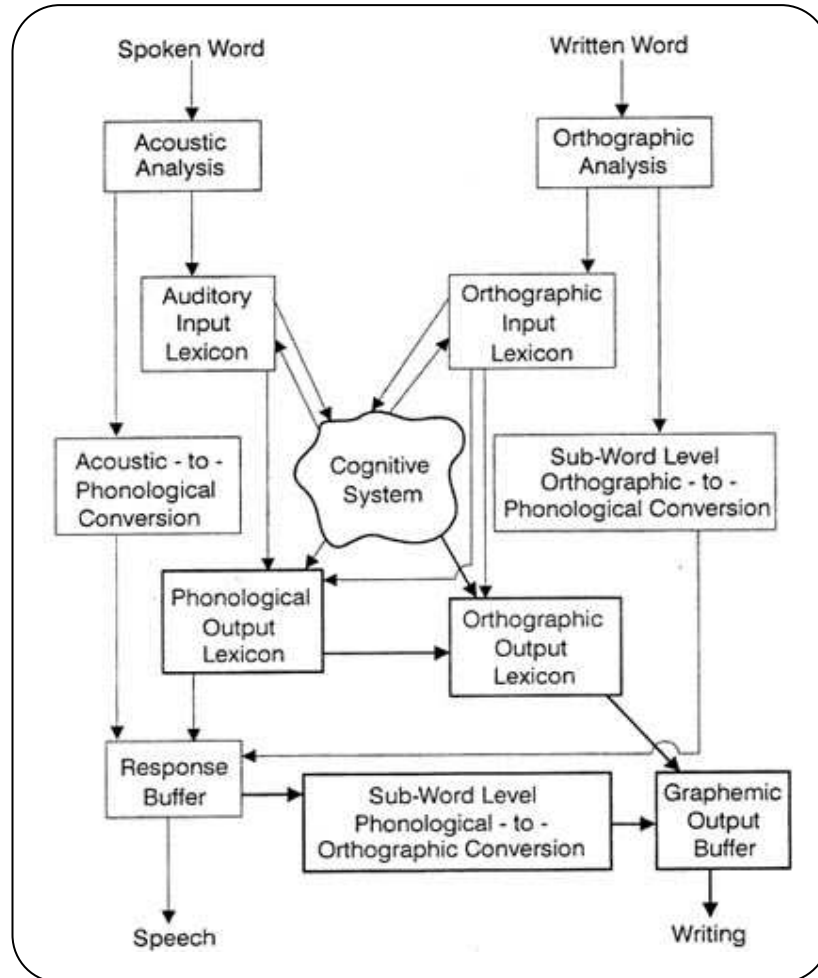


Abb. 6: Das Logogen-Modell nach Lesser & Milroy (1993:57).

Alternativ zu diesem Modell lässt sich mit dem Leveltschen Modell (blueprint of a speaker/listener) die Position und Aufgabe des semantischen Systems im Sprachproduktionsprozess erklären. Im Gegensatz zu dem Logogen-Modell nach Lesser und Milroy (1993) bezieht das blueprint-of-the-speaker-Modell nach Levelt (2000) auch enzyklopädisches Wissen und theory-of-mind-Prozesse mit ein, die jedoch nicht direkt mit dem semantischen System (mental lexicon) in Verbindung gebracht werden. Bei der grammatischen Enkodierung greift der Sprecher auf die Wortformen im mentalen Lexikon zu. Anschließend erfolgt der Zugriff auf die morpho-phonologische Information des ausgewählten Lemmas. Sowohl die Lemmata als auch die morpho-phonologische Kodierung sind Bestandteile des semantischen Systems bzw. mentalen Lexikons (Levelt 2000:86ff.). Auch dieses Modell soll lediglich den semantischen Wissenspeicher in den Sprachproduktionsprozess einfügen.

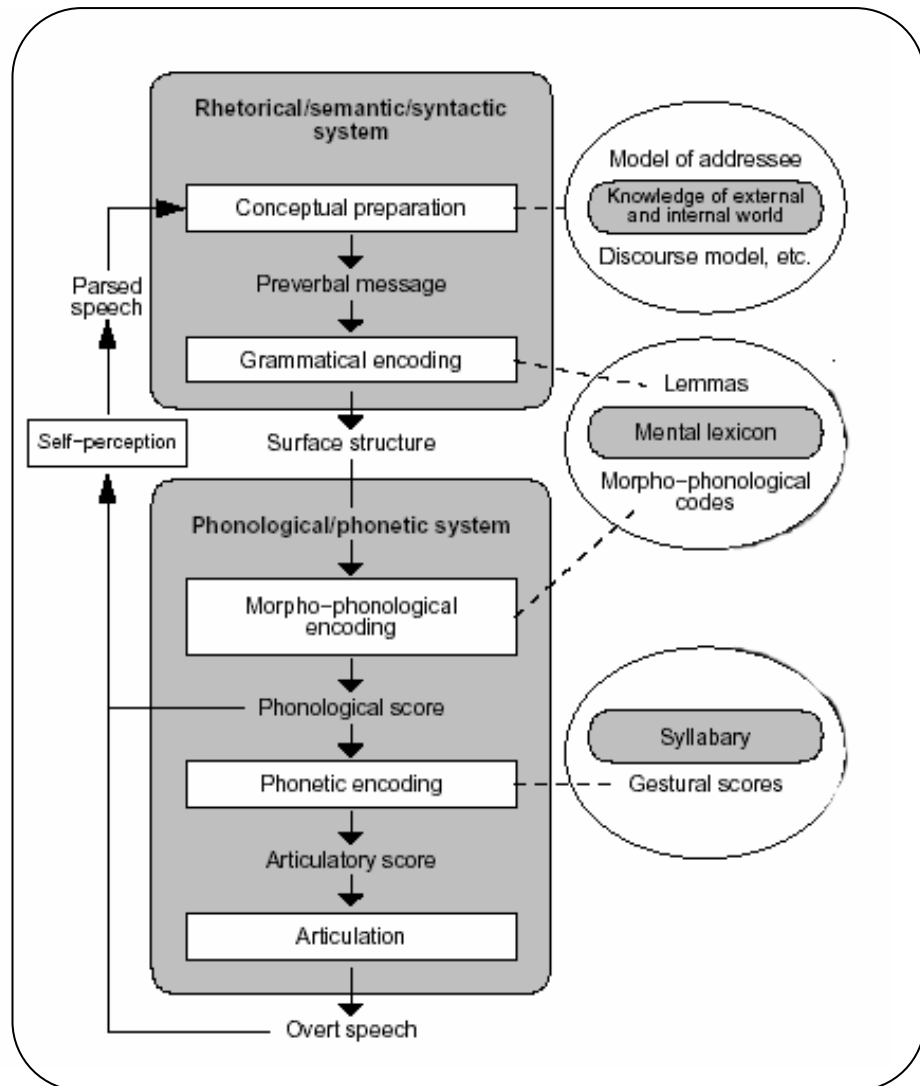


Abb. 7: "A blueprint of the speaker/listener" von Levelt (2000 in Brown & Hagoort 2000:87).

Begriffsbestimmung

Synonym zu dem Begriff der mentalen Repräsentationen (Engelkamp & Pechmann 1993) wird häufig der Begriff mentales Lexikon (Engelkamp & Rummer 1999, Rickheit & Strohner 1993) verwendet. Diese Termini umfassen laut Bußmann (2002:428) das Sprecher- und Hörerwissen über die phonetisch-phonologische Form, die morphologische Struktur, die semantische Repräsentation und die syntaktischen Regularitäten des Wortschatzes. Zwar wird dieser Begriff mittlerweile recht inflationär und in den verschiedensten Disziplinen verwendet, die Organisation und Struktur des mentalen Lexikons stellen aber immer noch ein zentrales Problem vor allem in der Kognitiven Linguistik und Psychologie dar (Engelkamp & Pechmann 1993:7).

Begriffe wie semantisches Gedächtnis (Kiefer 1999) oder semantisches System/Speicher (Lesser & Milroy 1993) beziehen sich dagegen ausschließlich auf die Bedeutungsinhalte von Wörtern. In diesem Speicher für Wortbedeutungen finden Prozesse zur lexikalischen Repräsentation, Identifikation und Integration statt. Die lexikalische Repräsentation betrifft die Struktur, in der die Wortformen und deren Derivate angeordnet sind. Identifikationsprozesse bewerkstelligen den Zugriff auf die lexikalischen Einträge und deren Assoziationen. Dabei spielen sowohl bottom-up- als auch top-down-Prozesse eine Rolle. Die lexikalischen Integrationsprozesse ermöglichen das Zusammenwirken der einzelnen Bedeutungselemente zu einem sinnvollen Ganzen (Frauenfelder & Floccia 1999:2).

In dieser Arbeit wird der Begriff des semantischen Speichers bzw. Systems verwendet. Er beinhaltet die Tatsache, dass semantisches Wissen aufgrund der Menge und Verarbeitungsgeschwindigkeit strukturiert und effizient organisiert sein muss (Levelt, Roelofs & Meyer 1999:8) Phonetische, morphologische und syntaktische Informationen werden dabei ausgeblendet.

Stufen der semantischen Verarbeitung

Die Speicherung, der Abruf und die Verarbeitung semantischen Wissens unterliegt solch effizienten Prozessen, dass das komplexe Netzwerk, in dem diese Prozesse gesteuert werden im Millisekundenbereich ohne Bewusstseinsbeschränkung agiert.

Auch die Worterkennung ist ein zeitlich äußerst komplexer Prozess (Müller 2002:27). Ein normaler Sprecher produziert ca. fünf Silben pro Sekunde, die der Hörer ebenso schnell verstehen muss (Neppert 1992:234). Hierzu kommen noch eine große Variabilität der Sprachäußerung wie z.B. Dialekte, Akzente, prosodische Unterschiede, Lautstärke, Sprechgeschwindigkeit und fehlende Wortgrenzen sowie linguistische Eigenheiten wie phonologische Minimalpaare (Vase – Nase) oder semantische Besonderheiten wie Komposita (Haustürschlüssel), Synonyme (Anfang – Beginn) und Homophone (Schloss).

Bei der semantischen Verarbeitung wird zunächst ein sensorischer Input wahrgenommen, dessen semantischer Inhalt abgerufen wird. So wird z.B. eine Abfolge von Phonemen im Laufe von vielen rapiden Prozessen als bedeutungstragendes Wort wahrgenommen oder ein Bild erkannt und automatisch (subvokal) benannt (vgl. Glaser 1992, Barbarotto et al. 2002). Vor der semantischen Verarbeitung steht jedoch die lexikalische Verarbeitung, die unterteilt werden kann

in den Verarbeitungsprozess, der den sensorischen Input zu einer prälexikalischen Repräsentation führt und in den Verarbeitungsprozess, der von dort zum Lexikon bzw. lexikalischen Eintrag führt (vgl. Farke & Felix 1990:139f).

Der akustische oder visuelle Input wird mit den lexikalischen Einträgen abgeglichen. Bei dieser prälexikalischen Verarbeitung findet noch kein Zugriff auf Bedeutungsinformationen statt. Aus ökonomischen Gründen wird bei diesem Verarbeitungsprozess der akustische Input in kleinere Segmente codiert (z.B. Phoneme oder Silben), damit nicht der ganze, eigenständige Input mit den lexikalischen Einträgen abgeglichen werden muss, sondern nur einzelne Segmente, die auch auf anderen Input zutreffen. So geht etwa das Kohorten-Modell von Marslen-Wilson und Tyler (1980), welches die Rezeption von gesprochenen Einzelwörtern zu erklären versucht, geht davon aus, dass zunächst wortinitiale Segmente erkannt werden und dadurch eine zutreffende Menge von Trefferwörtern aktiviert wird. Dabei wird die Inputrepräsentation mit allen verfügbaren lexikalischen Einträgen abgeglichen. Je mehr Segmente hinzukommen, desto geringer wird die Anzahl der passenden lexikalischen Einträge. Zusätzlich zu dem rein akustischen Input können der semantische und der syntaktische Kontext Informationen über das Zielwort bzw. die aktivierte Kohorte geben. Durch die Segmentierung des akustischen Inputs lassen sich außerdem unwichtige phonologische Informationen entfernen, was der Optimierung dient. Jedoch ist die Verbindung zwischen den Segmenten des akustischen Inputs und dem lexikalischen Eintrag nicht fix, sondern variabel (Levelt, Roelofs & Meyer 1999:3, Frauenfelder & Floccia 1999:5ff). Diese Annahmen erklären allerdings nicht, wie suprasegmentale Einheiten verarbeitet werden, die sehr wichtig für die Erkennung von Wortgrenzen und Sprecherinformationen sind. Frauenfelder und Floccia (1999:5ff) nehmen daher an, dass eine weitere innere Strukturierung der prälexikalischen Verarbeitung vorliegen muss. Ob diese prälexikalischen Repräsentationen erst aufgebaut werden, wenn sensorischer Input ankommt oder ob lediglich ein Abgleich mit bereits vorhandener Information stattfindet, ist noch ungeklärt. Möglicherweise besteht eine Kombination aus beiden Strategien (Frauenfelder & Floccia 1999:9f).

Ist der Prozess der Übereinstimmung zwischen dem sensorischen Input und der prälexikalischen Repräsentation abgeschlossen, so müssen anschließend lexikalische Übereinstimmungsprozesse (Alignment) stattfinden. Während beim Kohorten-Modell (Marslen-Wilson & Tyler 1980) angenommen wird, dass der akustische Input

mit allen lexikalischen Einträgen abgeglichen wird, gibt es als alternative Modellvorstellung noch die Möglichkeit der lexikalischen Suche (Bradley & Forster 1987 in Frauenfelder und Floccia 1999:10). Dabei wird sequentiell nach nur je einem passenden Eintrag gesucht.

Die semantische Verarbeitung unterliegt weiteren, komplexen Prozessen, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Die genannten Ausführungen sollen an dieser Stelle als Skizze der präsemantischen Verarbeitung ausreichen.

2.2 Modellvorstellungen zur Repräsentation von Wortbedeutungen

Die Wortbedeutungen sind Teil des semantischen Gedächtnisses (Kiefer 1999:20), dessen genaue Ausgestaltung je nach zugrundeliegender Repräsentationstheorie unterschiedlich angesehen wird. Die Annahmen reichen von einheitlichen Gedächtnissystemen, funktionell und strukturell getrennten Gedächtnissystemen, Kombinationen dieser beiden Annahmen oder mehrfach modalitätsspezifischen Systemen. Die Grundannahme eines einheitlichen semantischen Gedächtnissystems ist die Transformation sensorischen Inputs (verbal und non-verbal) [über die lexikalische Repräsentation] in ein amodales Repräsentationsformat der semantischen Informationen (z.B. Pylyshyn 1973 in Kiefer 1999). Entgegen dieser Annahme besagt die eher strukturell zu nennende Doppelte-Kodierungs-Theorie (dual coding theory) nach Paivio (1986), dass es zwei modalitätsspezifische semantische Systeme gibt (verbal und non-verbal/bildlich). Gemischte Ansätze nehmen sowohl amodale als auch modalitätsspezifische Repräsentationsformate für semantische Informationen an. Diese Annahme unterscheidet einheitliche rein begriffliche Repräsentationen von den modalitätsabhängigen sensorischen Informationen von z.B. Bildern und Wörtern (z.B. Snodgrass 1994 in Kiefer 1999). Des Weiteren wird ein Ansatz diskutiert, der verschiedene semantische Systeme je nach Inputmodalität annimmt (z.B. Warrington & Shallice 1984, vgl. Kapitel Neurolinguistische Erklärungsansätze).

Um die Binnenstruktur des semantischen Speichers zu erklären, werden Netzwerk- und Merkmalsmodelle diskutiert. Semantische Netzwerkmodelle (oder auch konnektionistische Netzwerkmodelle, die laut Kiefer (1998:134 und 1999:36f) eine Weiterführung der semantischen Netzwerkmodelle sind) betrachten die semantische Wissensrepräsentation unter dem Aspekt der Aktivierungsausbreitung.

Das bedeutet, dass unmittelbar benachbarte semantische Assoziationen die stärkste Aktivierung erhalten, während ferner liegende Assoziationen mit abnehmender Stärke aktiviert werden. Dadurch entstehen unterschiedlich starke Verbindungen zwischen den verschiedenen semantischen Informationen. Je stärker eine Verbindung ist, desto schneller kann die Information abgerufen werden.

Ein Beispiel für ein semantisches Netzwerkmodell ist das Modell nach Quillian (1967) (spreading activation theory of human semantic processing). Das Modell soll nicht die gesamte sprachbezogene Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn erklären, sondern vielmehr eine computerbasierte Theorie des semantischen Langzeitgedächtnisses aufstellen. Das Modell bezieht nicht die individuellen Konnotationen von Begriffen mit ein (Quillian 1967:410). Es geht von einer hierarchischen Organisation semantischen Wissens aus, in dem Informationen in verschiedenen miteinander verbundenen Knoten gespeichert sind. Diese Organisation ist notwendig, weil Konzepte, die Wörter beschreiben, unzählbar viele Informationen enthalten. Das Quilliansche Modell hat auch heute noch einen großen Einfluss auf die aktuellen Modelle zur semantischen Wissensrepräsentation.

Ein Konzept ist demnach als Menge von Knoten repräsentiert, die mit anderen Konzeptknoten verbunden ist. D.h. jeder Knoten ist mit jedem anderen Knoten direkt oder indirekt verbunden. Die Verbindungslinien zwischen den Knoten beinhalten die Information, wie stark die Verbindung zwischen den Knoten ist und welche Beziehung zwischen den beiden Knoten besteht. Quillian unterscheidet fünf verschiedene Arten von Verbindungslinien:

1. Verbindungen, die Super- und Subordinationen beschreiben
2. Spezifizierende Verbindungen, die die Bedeutung eines Wortes modifizieren
3. trennende Verbindungen, die verschiedene Bedeutungskombinationen ausschließen (disjunctive set of links)
4. verbindende Links, die verschiedene Bedeutungskombinationen ermöglichen (conjunctive set of links, token-token-Verbindungen)
5. Verbindungen, die durch die Beziehung zu einem anderen Knoten eine Bedingung herstellen

Beim Abruf eines Konzepts wird zunächst der Hauptknoten aktiviert, dann die Knoten, zu denen die stärksten Verbindungen führen, dann wiederum die Knoten, die mit diesen Knoten verbunden sind, etc. Somit wird beim Wortabruf ein weites Netzwerk semantischer Informationen aktiviert (Quillian 1967:409ff).

Es werden zwei Arten von Knoten unterschieden: TYPE-Knoten sind die Knoten, die eine direkte Verbindung zu dem Knoten aufweist, der das zu bezeichnende Wort repräsentiert oder die eine direkte Verbindung zu anderen Knoten, die die Bedeutung des Wortes bilden, aufweisen. Die TOKEN-Knoten beinhalten ebenfalls semantische Informationen über den Begriff, stehen aber in indirekter Verbindung zu dem Wort. Somit kann das Modell ansatzweise sowohl die semantischen Beziehungen von Begriffen als auch die Struktur der Massen von Bedeutungsinformationen erklären (Quillian 1967:409ff).

Eine weitere Möglichkeit, die Struktur des semantischen Systems zu erklären bieten die Merkmalsmodelle, die den Grundgedanken vertreten, dass Begriffe durch semantische Merkmale repräsentiert sind (vgl. Hoffmann 1986). Merkmalsmodelle gehen davon aus, dass es sehr wichtige definierende semantische Merkmale sowie semantische Assoziationen gibt. Die definierenden Merkmale sind notwendig, um möglichst schnell und mit dem geringsten kognitiven Aufwand den Bedeutungsinhalt und die semantische Kategorienzugehörigkeit des Wortes zu erfassen. Die assoziativen semantischen Merkmale sind weniger wichtig für den direkten Abruf der Bedeutung und werden nur aktiviert, wenn durch den Abruf der definierenden Merkmale die Bedeutung nicht erfasst werden kann (Smith 1974 in Kiefer 1999:34).

Ein Beispiel für ein solches Modell ist das Exemplar-Modell von Medin und Schaffer (1978). Sie gehen davon aus, dass Informationen über eine Menge gleicher oder ähnlicher Objekte (eine Kategorie) durch ein Exemplar dieser Kategorie gespeichert werden und erst beim Abruf anderer Objekte dieser Kategorie abstrahiert werden. Eine Kategorie ist demnach durch einen Vertreter im semantischen Gedächtnis gespeichert und nicht etwa durch übergreifende Informationen über die Kategorie. Hier fasst das Prinzip der notwendigen und hinreichenden Merkmale (z.B. Schwarz & Chur 1993:38): es reichen wenige treffende definierende Merkmale für eine erfolgreiche semantische Identifikation aus. Spätere Ansätze haben dieses Prinzip allerdings zugunsten eines Prinzips der kritischen Masse von Merkmalen verworfen (Hoffmann 1986:156ff, Kiefer 1999:47).

3. Neurolinguistische Erklärungsansätze

Die menschliche Fähigkeit, Objekte zu benennen, und zu wissen, was ihr Sinn, ihre Bedeutung und ihre Funktion ist, ist grundlegend für die Fähigkeit zu kommunizieren. Dabei ist sowohl die funktionale Organisation, die verschiedene kognitive Prozesse erlaubt, als auch die diesen Fähigkeiten zugrundeliegenden anatomische Struktur von großer Bedeutung für neurowissenschaftliche Disziplinen. Aus linguistischer Sicht sind für die Erforschung der Strukturen des mentalen Lexikons neurophysiologische Studien über Sprachgesunde gleichermaßen von Bedeutung wie Studien hirnnorganisch erkrankter Patienten, die eine Sprachstörung zeigen. Grundlegend wird bei Untersuchungen zur Organisation semantischer Strukturen eine Unterscheidung zwischen theoretischen Kategorien bzw. Domänen (wie z.B. Tiere und Obst, aber auch Domänen wie belebte Objekte, essbare Objekte) und dem basisbildenden semantischen, bzw. konzeptuellen, Wissen vorgenommen. Unter einer Kategorie versteht man semantische Wortfelder, wie z.B. Tiere, Obst, Werkzeuge. Eine Domäne fasst eine im Vergleich dazu breitere Gruppe von Objekte bzw. deren Benennungen zusammen, wie z.B. belebt oder essbar.

Es stellt sich die Frage, ob semantisches Wissen und semantische Kategorien oder Domänen ein rein theoretisches Konstrukt sind, oder ob ihnen eine kognitive Realität anhaftet. Die Gestaltung der neuroanatomischen Strukturen dieser Wissensrepräsentationen stellt im Zusammenhang mit dieser Frage ein ebenso wichtiges wie interessantes Schlüsselproblem dar. Die Theorien über die neuronale Organisation der semantischen Informationen lassen sich zweiteilen: die einen postulieren distinkte, nicht miteinander vernetzte neuronale Regionen, die auf die Verarbeitung bestimmter semantischer Informationen spezialisiert sind (z.B. Caramazza & Shelton 1998, Caramazza 1998, Coltheart et al. 1998) und die anderen setzen voraus, dass semantisches bzw. konzeptuelles Wissen in einem neuroanatomisch undifferenzierten Netz verarbeitet wird (z.B. Tyler et al. 2003:541, vgl. Forde & Humphreys 1999).

Die Studie von Warrington und McCarthy (1983) über eine Patientin mit selektivem Verarbeitungsdefizit der semantischen Kategorien Tiere, Lebensmittel und Pflanzen bei relativ erhaltener korrekter Verarbeitung von unbelebten Objekten steht zeitlich betrachtet am Anfang einer langen Liste von Studien über kategorie-

und domänenspezifische Verarbeitungsdefizite bei hirnorganisch geschädigten Patienten. Die in den zahlreichen Studien erläuterten semantischen Defizite betreffen fast ausschließlich die Kategorien *Tiere* aus der Domäne *belebte Objekte*, *Obst* und *Gemüse* aus der Domäne *unbelebte (natürliche) Objekte* und *Werkzeuge* aus der Domäne *künstliche Objekte* (Martin & Caramazza 2003:197). Die Frage, ob kategorie- oder domänenspezifische Defizite wirklich mit einem Defizit einer bestimmten Art semantischen Wissens (z.B. sensorisch oder funktional) einhergeht, ist immer noch strittig (Martin & Caramazza 2003:197). Diverse Studien belegen, dass bei einem kategorie- oder domänenspezifischen semantischen Defizit sowohl die sensorischen als auch die funktionalen Informationen der Kategorie- oder Domänenmitglieder nicht mehr abrufbar sind, was gegen eine selektive Störbarkeit des sensorischen oder funktionalen Wissens sprechen würde (s. Übersicht in Caramazza & Shelton 1998:5ff, Martin & Caramazza 2003:197ff).

Die Grundfrage nach der Struktur wird vielfach versucht durch neurolinguistische Ansätze zu beantworten. Die im Folgenden aufgeführten Erklärungsansätze debattieren alle, ob semantisches Wissen nach Merkmalen, Kategorien, Domänen oder Konzeptstrukturen unterteilt ist (Martin & Caramazza 2003:195). Außerdem wird zu erklären versucht, ob die kategoriale Organisation des semantischen Wissens bereits auf neuronaler Ebene beginnt oder ob die Struktur des semantischen Systems einem rein kognitiven Faktor unterliegt. Die Dissoziation in *belebte* (z.B. Hund, Katze, Maus) vs. *unbelebte* Objekte (z.B. Hammer, Nagel, Schuh) ist dabei die am meisten untersuchte (Tyler & Moss 2001:244). Sehr oft wird in der Literatur auch die Distinktion in *natürlich* vs. *künstlich* vorgenommen, die der Unterscheidung in *belebt* vs. *unbelebt* sehr nahe kommt. Alle belebten Objekte sind auch natürlich und alle künstlichen Objekte sind auch unbelebt. Die Domänen sind jedoch nicht völlig deckungsgleich. So gibt es beispielsweise natürliche Objekte, die jedoch nicht belebt sind, wie z.B. Stein, Schnee, Kork und unbelebte Objekte, die nicht künstlich sind wie z.B. Baumwolle, Milch, Salz. Für die Domäne der belebten Objekte werden in der Regel die semantischen Verarbeitungen von Tieren, Pflanzen, Obst und Gemüse getestet, bei unbelebten Objekten werden die Kategorien Werkzeuge, Fahrzeuge und manchmal Küchenutensilien sowie Kleidung untersucht (Capitani 2003:224). Die Kategorie *Lebensmittel/Nahrungsmittel* stellt dabei einen Sonderfall dar. Es ist fraglich, ob Lebensmittel wie natürliche oder künstliche Objekte behandelt werden, da sie sowohl natürlich (i.S.v. biologisch) als auch künstlich (weiter-)verarbeitet sind

und somit definitiv künstlich sind. Capitani et al. (2003) zeigen übersichtsartig die Fälle, bei denen ein Verarbeitungsdefizit für die Kategorie *Lebensmittel* bzw. *Nahrungsmittel* erkannt wurde. Da in den von Capitani et al. (2003) aufgelisteten Fällen nicht angegeben wurde, welche Nahrungsmittel genau getestet wurden (ob wirklich natürliche oder künstlich hergestellte), bleibt die Frage nach der Verwandtschaft von Nahrungsmitteln zu der Domäne *natürliche Objekte* weiter ungeklärt (Capitani et al. 2003:225). Körperteile und Musikinstrumente sind ebenfalls nicht völlig eindeutig einzuordnen. Obwohl Körperteile genau genommen belebt sind und Musikinstrumente unbelebt, ist die Zuordnung neurolinguistisch betrachtet unklar. Capitani et al. (2003) fassen Studien zusammen, in denen die Verarbeitung künstlicher Objekte ebenso gestört ist wie die semantische Verarbeitung von Körperteilen und Studien, die ein gleichartiges Störungsbild sowohl bei der Verarbeitung belebter Objekte als auch bei Musikinstrumenten aufzeigen (s. Appendix D in Capitani et al. 2003:244). Beachtenswert dabei ist, dass die Ergebnisse fast ausschließlich auf Benenntests mit Bildvorlage beruhen und keine rein auditiven Aufgaben durchgeführt wurden, die dem alltäglichen Sprachgebrauch viel ähnlicher sind.

3.1 Erklärungsansätze zur Organisation des semantischen Wissens über Objekte

Martin und Caramazza (2003), Pilgrim et al. (2002) sowie Forde und Humphreys (1999) unterscheiden drei große Hauptrichtungen von Ansätzen zur Erklärung der semantischen Wissensrepräsentation von Wörtern und Objekten. Neurolinguistische Erklärungsansätze gehen entweder von einem modalitäts-, domänen-, oder konzeptstrukturorganisierten Aufbau des semantischen Wissens aus. Darüber hinaus beinhalten diese Annahmen Erklärungsansätze für die neuroanatomischen Korrelate des semantischen Wissens. Allen Theorien liegt die Annahme zugrunde, dass die Organisation des semantischen bzw. konzeptuellen Wissens Regeln der neuronalen Repräsentation dieses Wissens unterliegt, d.h. dass die Hirnstrukturen die Grundlage der Struktur des semantischen Wissen sind (Capitani et al. 2003:214). Diese Vermutung ist jedoch kritisch zu betrachten, weil Kategorien- und Domänenbildung auch rein kognitiver Natur sein könnte. Die Repräsentation, die Organisation und der Abruf semantischer Information kann laut den bestehenden Hypothesen in einem

einheitlichen, selbstorganisierten neuronalen Netzwerk oder in unterschiedlichen, neuronal diskreten Subsystemen angeordnet sein (Thompson-Schill 2003:280). Die drei Hauptrichtungen der Ansätze zur Verteilung des semantischen Wissens lauten folgendermaßen:

1. **Merkmalsbasierte Ansätze** gehen von einer Einteilung des Wissens nach semantischen Eigenschaften, wie z.B. sensorischen und funktionalen Attributen, aus. Vertreter dieser Theorie sind mit der sensorisch-funktionalen Theorie (SFT) z.B. Warrington und McCarthy (1983).
2. **Domänenspezifische Ansätze** nehmen mehrere kognitive semantische Systeme an, die evolutionär bedingt sind und von verschiedenen neuronalen Netzwerken unterstützt werden (z.B. Caramazza & Shelton 1998).
3. **Ansätze eines verteilten neuronalen Netzwerkes bzw. konzeptstruktur-spezifische Ansätze (conceptual structure accounts)**, gehen anders als die oben genannten lokalisationistischen Ansätze davon aus, dass ein neuronales Netzwerk existiert, welches weder nach semantischen Merkmalen noch Domänen unterteilt ist. Diese Annahme wird u.a. von Tyler et al. (2000) vertreten.

Ein erstes Unterscheidungskriterium zwischen den Erklärungsansätzen der miteinander konkurrierenden Ansätze ist die unterschiedliche Betrachtung zweier semantischer Merkmalstypen: Semantisches Wissen kann in sensorisches bzw. perzeptuelles Wissen vs. funktionales bzw. assoziatives Wissen zergliedert werden. Sensorisch/perzeptuelles Wissen umfasst alle Eigenschaften eines Objekts hinsichtlich seiner Größe, Farbe, Gestalt oder Textur, funktional/assoziatives Wissen beinhaltet Informationen über die Funktion und Handhabung eines Objekts. Durch diese beiden Merkmalstypen können alle semantischen Merkmale von Wörtern und Objekten beschrieben werden. Belebte Objekte haben z.B. mehr sensorische Merkmale wobei unbelebte mehr funktionale Merkmale besitzen. Die SFT beispielsweise postuliert eine solche Zweiteilung der semantischen Merkmale (Warrington & McCarthy 1983, Warrington & Shallice 1984).

Das zweite Unterscheidungskriterium zwischen den Erklärungsansätzen ist die Kategorie per se. Bei vielen aphasischen Störungen kommt es zu einem Ausfall der Verarbeitung einer Kategorie, während andere Kategorien ungestört bleiben. Dabei ist der Grundgedanke, dass alle Informationen der betroffenen Kategorie gestört sind

(sowohl die sensorischen als auch die funktionalen). Der domänenspezifische Ansatz nach Caramazza und Shelton (1998) geht von dieser Annahme aus.

Diese beiden Unterscheidungskriterien widersprechen sich gegenseitig und stellen daher die zentralen Konkurrenzaspekte der Ansätze dar. Leider sind die Untersuchungsaufgaben der einzelnen Autoren sehr uneinheitlich, so dass selten sowohl die gestörte Kategorie als auch das Defizit des Speichers von semantischem Wissen durch eindeutige Tests (z.B. Benennen und Definieren von Bildersets sowie rein auditive Untersuchungen) ermittelt werden kann.

Zu Theorie 1. Der merkmalsbasierte Ansatz: sensory – functional theory (SFT)

Die sensorisch – funktionaler Theorie (SFT) ist ein modalitätsspezifischer Ansatz, der auf Warrington und McCarthy (1983) sowie Warrington und Shallice (1984) zurückgeht.

Vorweg sei zu erwähnen, dass sich nicht alle Autoren an die Distinktion *sensorisch* vs. *funktional* halten. Weitere Unterscheidungen sind *perzeptuell* vs. *funktional* oder *visuell* vs. *funktional* (z.B. Rosazza et al. 2003) bzw. *sensorisch/perzeptuell* vs. *assoziativ* (Gainotti 2005).

Merkmals- bzw. modalitätsspezifische Ansätze gehen davon aus, dass der Grund eines kategorien- bzw. domänenspezifischen Defizits nicht unmittelbar auch eine Störung von Objektnamen einer bestimmten Kategorie ist, sondern eine Störung in der Verarbeitung modalitätsspezifischen Wissens, d.h. eines bestimmten Typs von Wissen (sensorisch oder funktional) darstellt. Daraus resultiert dann ein Defizit für eine bestimmte Kategorie oder Domäne. Das bedeutet, dass eine Störung der visuellen Modalität in einer Störung der Verarbeitung natürlicher (oder biologischer) Objekte resultiert. Ebenso verhält es sich für künstliche Objekte: Eine Störung des funktionalen/assoziativen Wissens zeigt sich durch eine Störung bei der Verarbeitung künstlicher Objekte (z.B. deren Benennung oder Bedeutungserklärung) (Capitani et al. 2003:215). Die SFT kann somit lediglich breitere Defizite, wie z.B. für natürliche Objekte, die sich über mehrere Kategorien erstrecken erklären, nicht aber selektive Ausfälle, z.B. die Kategorie *Obst* und *Gemüse* (Takarac & Levin 2001).

Warrington und McCarthy (1983) und Warrington und Shallice (1984) postulierten erstmals einen merkmalsbasierten Ansatz, um die neuronale Repräsentation von semantischem Wissen über Wörter zu erklären. Der Kern dieser

Annahme ist, dass semantische Störungen nach hirnorganischer Schädigung nicht eine mögliche kategoriale Repräsentation des semantischen Wissens verschiedener Kategorien oder Domänen widerspiegeln, sondern dass diese Schädigungen auf bestimmte Wissenstypen, bzw. Modalitäten von Wissen zurückgehen, von denen verschiedene Kategorien und Domänen abhängen (Humphreys & Riddoch 2003:264). Domänen unterscheiden sich also durch die Anzahl der assoziierten verschiedenen Modalitäten des Wissens (z.B. visuell/perzeptuell vs. funktional). Die Untersuchungen von Warrington und McCarthy (1983) und Warrington und Shallice (1984) konnten erstmals die Dissoziation zwischen der Verarbeitung natürlicher vs. künstlicher Kategorien bei aphasischen Patienten nachweisen. Die Autoren stellten Störungen bei der Wortverarbeitung (Benennen und Definieren nach Bildvorlage) im Bereich der belebten Objekte fest. Das Agieren mit Wörtern unbelebter Objekte war dabei weitestgehend ungestört. Aufgrund dieser Beobachtung nahmen sie an, dass sich konkrete Nomen hinsichtlich ihrer neuronalen Repräsentation und kognitiven Verarbeitung der Bedeutungsinhalte in zwei große Gruppen einteilen lassen: 1. Nomen, die sich durch differenzierte sensorische Informationen, wie z.B. Größe, Farbe, Textur, voneinander unterscheiden lassen, wie das bei belebten oder natürlichen Objekten der Fall ist und 2. Nomen, die sich durch ihre funktionale Bedeutung (Gebrauch) voneinander unterscheiden lassen, wie es bei unbelebten bzw. künstlichen Objekten der Fall ist. Der Grundgedanke hierbei ist, dass jedes Objekt ein bestimmtes Aussehen hat (d.h. sich durch bestimmte perzeptuelle bzw. sensorische Informationen auszeichnet) und eine gewisse Funktion besitzt (funktionale bzw. assoziative Merkmale) und dass diese beiden Arten dieser Informationen für das Objekt charakteristisch sind. Die Nomen, die weitestgehend durch sensorische Merkmale gekennzeichnet sind, sind auch meist belebt im weiteren Sinne, aber zumindest natürlich (z.B. Katze, Rose, Apfel), wohingegen Nomen, die stark durch funktionale Merkmale charakterisiert sind (z.B. Hammer, Eimer, Auto) unbelebt sind, bzw. künstlich. Es gibt jedoch auch unbelebte oder künstliche Objekte, die stark sensorisch repräsentiert sind: Kleidung (unbelebt und künstlich), Musikinstrumente (unbelebt und künstlich), Edelsteine (unbelebt) u.a.. Die Begriffe *natürlich* und *künstlich* repräsentieren daher die Merkmalsverteilungen besser als *belebt* und *unbelebt*.

Da die stark durch sensorische Informationen repräsentierten Objekte auch funktionale Informationen beinhalten, ist die Dissoziation in Störungen der belebten

vs. unbelebten bzw. natürlichen vs. künstlichen semantischen Domänen bei Patienten oft "ausgefranst", d.h. dass bei Patienten, die unfähig sind, mit Wörtern belebter (natürlicher) Objekte zu agieren, oft auch semantische Störungen bei Wörtern unbelebter (künstlicher) Objekte vorkommen, weil diese auch sensorische Merkmale enthalten (z.B. Edelsteine und Kleidung) (Humphreys & Forde 2001:455ff, vgl. Kiefer & Spitzer 2001:469).

Warrington und McCarthy (1983) sowie Warrington und Shallice (1984) nehmen an, dass konzeptuelles Wissen über Objekte nicht in einem einzigen assoziativen Netzwerk (associative network), sondern kognitiv aber auch neuroanatomisch betrachtet in zwei semantischen Speichern verarbeitet wird: die sensorischen Informationen über Objekte sind in einem visuellen/perzeptuellen System gespeichert, die funktionalen Informationen in einem System, welches Informationen über den Gebrauch der Objekte speichert Warrington und McCarthy 1983:873f).

Des weiteren nehmen die Autoren an, dass es je zwei verschiedene semantische Speicher für den visuellen als auch für den akustischen Input gibt. Diese Annahme resultiert aus der Beobachtung aphasischer Patienten, die Störungen in einer semantischen Informationsart (sensorisch vs. funktional) hatten, die sich jedoch nicht in beiden Inputmodalitäten (akustisch und visuell) zeigten (Warrington und Shallice 1984:846f).

Die scheinbar kategoriale Struktur semantischer Störungen bei Patienten spiegelt nicht die neuronale kategoriale Struktur des semantischen Wissens wider, sondern wird eher durch grundlegendere Merkmale (sensorisch/perzeptuelle vs. funktional/assoziative) von Nomen verursacht (Caramazza & Shelton 1998:2).

Die unklare Abgrenzbarkeit der aphasischen semantischen Störungen ist wohl der größte Kritikpunkt des sensorisch – funktionalen Ansatzes (Tyler & Moss 2001:245, Caramazza & Shelton 1998:2ff). Humphreys und Forde (2001) gehen von einem SFT-ähnlichen Modell aus, welches postuliert, dass belebte Objekte visuell ähnlicher sind als nichtbelebte Objekte. Daher würde eine Störung des visuellen semantischen Wissensspeichers ein sprachliches Defizit im Bereich der belebten Objekte ergeben (Humphreys & Forde 2001:459ff). Allerdings werden auch nichtbelebte Objekte durch visuelles Wissen unterschieden, so z.B. Lebensmittel oder Steine, wie Borgo und Shallice annehmen (2001:215ff). Eine zusätzliche Erweiterung liefern Martin et al. (1996:651), indem sie einen weiteren semantischen Wissensspeicher für

motorische Informationen (wie z.B. ein künstliches Objekt gehandhabt wird) annehmen (Martin et al. 2001:194f).

Alle modalitätsspezifischen Theorien vertreten die Grundannahme, dass kategoriespezifische Defizite keine echten kategorialen Defizite sind, d.h. dass nicht der Abruf der semantischen Inhalte einer umschriebenen semantischen Kategorie gestört ist, sondern dass die semantischen Inhalte einer Modalität nicht mehr abrufbar sind. Verschiedene Kategorien und Domänen werden durch verschiedene Modalitäten unterschiedlich stark repräsentiert: belebte Objekte beinhalten mehr visuelle und kinästhetische (d.h. perzeptuelle) Charakteristika als unbelebte Objekte, die wiederum stärker durch ihre Funktion repräsentiert sind und somit eher durch die funktionale (d.h. assoziative) Modalität (aufgrund ihrer Bedienung und Handhabung) erkannt werden. Somit postulieren modalitäts- und merkmalsbasierte Ansätze wie er von Warrington und McCarthy (1983) erstmals propagiert wurde einen engen Zusammenhang zwischen konzeptuellem Wissen und kategorie- und domänenspezifischen Defiziten.

Zu Theorie 2. Der domänenspezifische Ansatz

Der domänenspezifischer Ansatz (domain – specific account) geht auf Caramazza und Shelton (1998) zurück. Diese zweite große Richtung zur Repräsentation semantischen Wissens setzt eine kategoriespezifische (oder auch domänenspezifische) Konzeptrepräsentation von Nomen, die von unterschiedlichen neuronalen Systemen unterstützt wird, voraus. Das semantische Wissen evolutionär bedingter Kategorien ist laut dem domänenspezifischen Ansatz in verschiedene neuroanatomisch diskrete Regionen (Tyler & Moss 2001:245) eingeteilt. Nur diese Kategorien können bei Patienten selektiv gestört sein, wie die Autoren berichten. Durch die Evidenz, dass bei den klar abgegrenzten semantischen Defiziten ihrer Patienten alle semantischen Merkmale gestört waren (und nicht nur sensorische beispielsweise), konnten sie ein Gegenargument zum sensorisch – funktionalen Ansatz liefern. Die Autoren gehen demnach davon aus, dass die Bedeutung von Nomen nicht nach sensorisch – funktionalen Merkmalen neuronal unterteilt ist und widersprechen somit den merkmals- bzw. modalitätsbasierten Ansätzen im Allgemeinen und der SFT im Besonderen. Sie setzten eine kategoriale Organisation semantischen Wissens voraus und begründen das mit evolutionären Zwängen. Die Organisation des semantischen Wissens wurde durch die Unterscheidung von Tieren,

Pflanzen und Werkzeugen geprägt, die auf kognitiver Ebene schnell und zuverlässig vonstatten gehen musste, um das Überleben zu sichern. Tiere stellen sowohl eine mögliche Gefahr als auch Nahrungsquelle dar, Pflanzen sind ebenfalls eine Nahrungs- aber auch Arzneiquelle und Werkzeuge dienten ebenfalls dem Überleben und hatten daher einen außerordentlichen Rang im Vergleich zu anderen Objekten. Daher war eine schnelle Erkennung dieser Objekte überlebenswichtig und hat somit einen realen Tauglichkeitswert. Tiere, Pflanzen und Werkzeuge gelten nach Caramazza und Sheltons Ansatz deswegen als die einzigen wahren Kategorien (Caramazza & Shelton 1998:9ff).

Bei kategorienspezifischen Defiziten ist nach dem domänenspezifischen Ansatz sowohl der Zugriff auf funktionale als auch auf sensorische Merkmale gestört. Caramazza und Shelton (1998) sehen das als Grund für die Ausgefranstheit der semantischen Störungen an, d.h. dass sich semantische Störungen nie vollständig auf nur eine klar abgrenzbare Kategorie begrenzen, sondern dass lediglich ein starkes Ungleichgewicht zwischen der semantischen Verarbeitung der einen und der anderen Kategorie existiert.

Caramazza und Shelton (1998) konnten anhand mehrerer Patientendaten zeigen, dass die potenziell evolutionär entstandenen Kategorien selektiv gestört sein können bei relativ gut erhaltener Verarbeitung der nicht betroffenen Kategorien. Daher nehmen die Autoren sie als Basis für die kategoriale Organisation des semantischen Wissens an (Caramazza & Shelton 1998:19). Diese Annahme steht im strengen Widerspruch zur SFT, denn nach dieser Annahme können nicht die einzelnen Kategorien gestört sein, sondern alle sensorischen/perzeptuellen Merkmale, was sich in Defiziten unterschiedlicher Kategorien und Domänen zeigt.

Die Hauptaussage ihrer Hypothese ist, dass sich durch evolutionäre Zwänge spezialisierte und funktional unterschiedliche neuronale Netze entwickelt haben, die das konzeptuelle und funktionale Wissen von Objekten getrennt speichern und zur kategorialen Organisation auf neuronaler Ebene führen (Caramazza & Shelton 1998:9; Mahon & Caramazza 2003:434). D.h. die schnelle Unterscheidung zwischen Tieren, Pflanzen und Objekten, die nicht zu einer dieser beiden Kategorien gehören, ist aus Gründen der Lebenserhaltung (Flucht, Nahrung) evolutionär bedingt und so grundlegend, dass sie zu verschiedenen spezialisierten separaten neuronalen Netzwerken führte. Durch die lebenswichtige Bedeutung der Kategorien *Tiere* und

Pflanzen sind diese auch emotional geladen, was wiederum eine Beteiligung des limbischen Systems beinhaltet (Caramazza & Shelton 1998:22f).

Gestützt wird die Annahme evolutionär bedingter Kategorienbildung durch verschiedene Entwicklungsstudien von Säuglingen (z.B. Berenthal 1993; Lesslie 1982; Quinn & Eimas 1996, alle in Caramazza & Shelton 1998). Belebte Objekte können schon sehr früh von unbelebten unterschieden werden (Caramazza & Shelton 1998:9). Kinder können bereits im Alter von neun Monaten biologische von nicht-biologischer Bewegung unterscheiden (Mandler 1992:587). Das führt zu einer sehr frühen Unterscheidungsfähigkeit zwischen belebten und unbelebten Objekten, bzw. der Unterscheidung der Kernmerkmale *selbstinitiierte Bewegung* bei der Kategorie *belebt* und *fremdbewegt* bei der Domäne *unbelebte Objekte*, die möglicherweise angeboren ist (Caramazza und Shelton 1998:21).

Da die semantischen Strukturen für belebte Objekte (Tiere, Pflanzen) feiner strukturiert sind als die für unbelebte Objekte (Werkzeuge), sind sie auch anfälliger für semantische Defizite (Caramazza & Shelton 1998:19). Damit erklärt sich das bei Aphasie häufigere Auftreten von semantischen Defiziten für die Domäne der belebten Objekte. Die semantische Kategorie *Nahrungsmittel* könnte möglicherweise von dem neuronalen Netzwerk der Kategorie *Pflanzen*, die Früchte und Gemüse enthält unterstützt werden, obwohl viele Lebensmittel eher künstlich sind, weil sie fabriziert sind.

Der domänenspezifische Ansatz geht davon aus, dass es nicht zwingend notwendig ist, dass ein Zusammenhang zwischen dem Defizit eines bestimmten Wissenstyps oder einer Modalität von Wissen (z.B. sensorisch/perzeptuelle oder funktional/assoziative Informationen) und einem semantischen Defizit einer Kategorie besteht. Semantische Störungen der Domäne *belebt* gehen nicht zwingend mit Störungen des Speichers für sensorische/perzeptuelle Informationen einher, sondern der Zugriff auf sensorische/perzeptuelle Informationen und funktionale Informationen von Objekten ist gleichermaßen gestört (vgl. Tabellen 1 – 4).

Durch die lebenswichtige Notwendigkeit, Tiere, Pflanzen und Werkzeuge von anderen Objekten zu unterscheiden haben sich unterschiedliche spezialisierte neuronale Netzwerke entwickelt. Daher gibt es auch nur drei wahre kategoriespezifische Störungen: die für die Kategorie *Tiere*, die für *Pflanzen* und die für *Werkzeuge*. Des weiteren begründen Caramazza und Shelton (1998) das scheinbar häufigere Vorkommen von semantischen Störungen bei belebten Objekten

damit, dass spezialisierte neuronale Netzwerke, wie sie nach den Autoren bei belebten Objekten vorkommen, störungsanfälliger sind. Da die Kategorie *Lebensmittel* auch meist gestört ist, wenn die Kategorien *Tiere* und *Pflanzen* betroffen sind (vgl. Hanley, Young & Pearson 1989, Laiacona, Capitani & Barbarotto 1997, Samson, Pillon & De Wilde 1998), greift möglicherweise der Verarbeitungsprozess der Kategorie *Nahrungsmittel* auf Strukturen der Kategorien *Tiere* und *Pflanzen* zu, so dass, wenn eine der letzteren gestört ist, auch die gesamte Kategorie *Nahrungsmittel* gestört ist.

Zu Theorie 3. Der Ansatz eines verteilten neuronalen Netzwerkes bzw. konzeptstrukturspezifischer Ansatz

Der distributed neural network account nach z.B. Tyler et al. (2000), Tyler und Moss (2001) wird auch conceptual structure account genannt (Tyler & Moss 2001:247). Ein sehr ähnlicher Ansatz ist die OUCH (Organized Unitary Content Hypothesis) nach Caramazza et al. (1990).

Aufgrund sehr unterschiedlicher hirngorganischer Läsionen, die zu gleichen oder sehr ähnlichen semantischen Defiziten führten sowie gleichen Läsionen, die zu ungleichen semantischen Sprachstörungen führten und mehreren PET- und fMRT-Studien postulieren Tyler und Moss (2001) ein einheitliches semantisches Netzwerk, das sich über weite Teile der Großhirnrinde erstreckt. Demnach entstehen kategorie- und domänenspezifische Störungen durch Unterschiede im Inhalt und in der Struktur der Konzepte innerhalb der Domänen und weniger durch hirngorganisch-räumliche Trennung des semantischen Wissens verschiedener Domänen.

So untersuchten beispielsweise Tranel, Damasio und Damasio (1997) an 116 Patienten mit unilateraler Hirnschädigung das Beschreiben und Benennen von Strichzeichnungen und Fotos von Personen, Tieren und Werkzeugen. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass konzeptuelles Wissen über die verschiedenen Domänen zumindest teilweise in separaten neuronalen Systemen gespeichert und verarbeitet wird (Tranel, Damasio & Damasio 1997).

Die Ansätze, die eine anatomisch eher unstrukturierte Einteilung des semantischen Wissens propagieren, gehen davon aus, dass sich Kategorien oder Domänen von ihren Assoziationen der einzelnen semantischen Merkmale unterscheiden (Humphreys & Riddoch 2003:265).

Unterschiedliche Konzepte haben viele interkorrelierende, allgemeine Merkmale, d.h. ein Merkmal, das auf mehrere Objekte zutrifft, wie z.B. die Informationen *nicht essbar*, *künstlich*, *unbelebt*. Diese Art von Merkmalen teilen sich viele Objekte und sie bilden unter anderem das Wissen über eine Kategorie oder Domäne als Ganzes. Weiterhin besteht der Inhalt der Konzepte aus differenzierten, speziellen Informationen, die ähnliche Objekte einer Kategorie oder Domäne voneinander unterscheiden. Das sind z.B. Informationen zur äußeren Gestalt (z.B. hat Flecken, hat Streifen).

Die semantischen Strukturen der Domänen *belebte* vs. *unbelebte Objekte* (oder auch *künstliche* vs. *natürliche Objekte*) unterscheiden sich wesentlich bezüglich dieser zwei Merkmalsarten voneinander: Belebte Objekte enthalten distinktive Merkmale, die untereinander nur sehr schwach vernetzt (assoziiert) und daher störungsanfällig sind. Diese distinktiven Merkmale sind z.B. bei der Domäne der belebten Objekte: kann bellen, frisst Mäuse, kann zwitschern. Die zahlreicheren allgemeineren Merkmale sind untereinander stark vernetzt und daher auch weniger anfällig für Verarbeitungsdefizite. Allgemeine Merkmale der Domäne *belebt* sind z.B. hat Fell oder hat Federn, kann sich fortpflanzen, kann atmen. Bei unbelebten Objekten sind die distinktiven Merkmale untereinander stärker durch Form-Funktion-Informationen vernetzt, wohingegen allgemeinere Merkmale weniger wichtig und seltener sowie schwächer vernetzt sind. Belebte Objekte haben nach dieser Annahme einen Verarbeitungsnachteil in Bezug auf die speziellen semantischen Merkmale gegenüber unbelebten Objekten (Tyler et al. 2000:201ff, Tyler & Moss 2001:247).

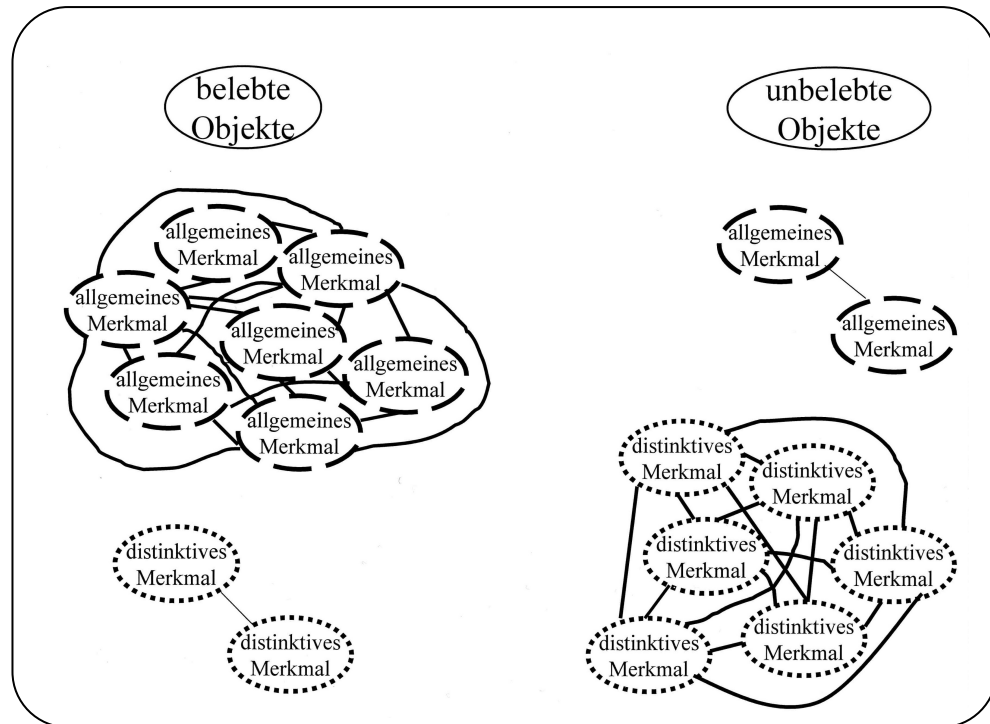


Abb. 8: Schema der oben beschriebenen Konzeptstruktur für belebte und unbelebte Objekte.

— = starke Verbindung, — — = schwache Verbindung, = distinktive Merkmale, - - = allgemeines Merkmal.

Auch innerhalb einer Domäne gibt es Kategorien mit verschiedenen Merkmalsstrukturen. Tyler und Moss (2001) führen als Beispiel die semantische Kategorie *Fahrzeuge* an, die zu der Domäne *unbelebte Objekte* gehört. Fahrzeuge haben – wie belebte Objekte auch – viele allgemeine Merkmale, die alle Objekte dieser Domäne gemeinsam besitzen, aber untereinander kaum miteinander vernetzte spezielle Merkmale, die störungsanfällig sind. Semantische Störungen der Domäne *belebt* müssten demnach auch mit Störungen der Kategorie *Fahrzeuge* einhergehen, weil beide dieselbe konzeptuelle Struktur haben (wenige distinktive Merkmale, viele allgemeine Merkmale).

Das aus diesem Ansatz entstandene Modell ist grundlegend konnektionistisch und somit in der Lage komplexe Störungsmuster sowie erhaltene Prozesse darzustellen. Das Modell postuliert, dass semantische Störungen für unbelebte Objekte nur bei schwerer neuronaler Schädigung auftreten, weil deren Merkmalsstruktur durch eine starke Vernetzung (Form-Funktion-Relationen) der einzelnen spezifischen Merkmale charakterisiert ist. Das Modell setzt außerdem eine eher zufällige neuroanatomische Verteilung der semantischen Merkmale voraus, aus der sich eine eigene Organisation durch Überlappung, Vernetzung und Korrelationen ergibt. Daraus resultiert, dass

semantisches Wissen nicht in neuroanatomisch diskreten Regionen gespeichert ist, wie es z.B. Caramazza und Shelton (1998) sowie Warrington und McCarthy (1983) voraussagen. Demnach bilden Domänen, deren Merkmalsstruktur durch wenige und nur schwach vernetzte distinktive Merkmale gekennzeichnet sind (wie z.B. Werkzeuge), keinen determinierten/festen semantischen Raum im Gegensatz zu den Domänen, deren distinktive Merkmale sehr stark vernetzt sind (wie z.B. Tiere). Durch diese Annahme der Verteilung semantischen Wissens seien auch nur selten Alles-oder-nichts-Defizite für semantische Domänen möglich, weil niemals alle inhaltlichen Informationen über die Domäne und deren Mitglieder gestört sind (Tyler & Moss 2001:250). Vielmehr entsteht durch eine kortikale Läsion eine domänenübergreifende semantische Störung, weil auch benachbarte Konzepte betroffen sind.

Caramazza et al. schlagen alternativ zu ihrem domänenspezifischen Ansatz ein weiteres Modell zur semantischen Informationsverarbeitung vor: die organized unitary content-Hypothese (OUCH). Nach dieser Annahme ist konzeptuelles Wissen nach Relationen zwischen den semantischen Merkmalen unterteilt, ohne einer diskreten lokalen hirnrorganischen Organisation zu unterliegen (Caramazza et al. 1990:186). Laut dieser Hypothese besteht ein Begriff aus mehreren semantischen Merkmalen. Diese Merkmale sind unterschiedlich stark miteinander vernetzt, daher wird nach dieser Theorie konzeptuelles Wissen als klumpig (lumpy) bezeichnet (z.B. Capitani et al. 2003:214). Demnach haben Mitglieder einer Kategorie oder Domäne einige gemeinsame Merkmale, die stark untereinander vernetzt sind. Störungen von stark vernetzten Merkmalen können selektiv auftreten und rufen ein kategorie- bzw. domänenspezifisches Defizit hervor (Capitani et al. 2003:214).

OUCH zufolge haben kategorie- und domänenspezifische Defizite keine modalitätsspezifische Ursache, weil konzeptuelles Wissen nicht in separaten neuronalen Regionen gespeichert und verarbeitet wird. Die semantischen Merkmale (z.B. Textur oder Geruch) innerhalb einer Kategorie interkorrelieren stark und repräsentieren viele Objekte dieser Kategorie. Kategorie- und domänenspezifische Störungen kommen dann zustande, wenn das Netz dieser interkorrelierenden Merkmale geschädigt ist. Ist beispielsweise nach einer hirnrorganischen Schädigung kein Zugriff auf Farbinformationen mehr möglich, so äußert sich das in einem Outputdefizit für Kategorien, die sich stark durch ihre Farbinformationen voneinander unterscheiden (Caramazza & Shelton 1998:8), da Farbinformationen für

die eine Kategorie (z.B. Tiere) wichtiger sind als für eine andere (z.B. Fahrzeuge). Nach OUCH werden bei der visuellen Objekterkennung als erstes die hervorstechenden Merkmale erkannt (z.B. Farbe eines Apfels) werden, die dann unmittelbar die weiteren semantischen (sensorische und funktionale gleichermaßen) Informationen aktivieren (Caramazza et al. 1990:168ff).

Das Cascade-Modell (Humphreys, Riddoch & Quinlan 1988) geht ebenfalls von strukturabhängiger semantischer Verarbeitung aus. Humphreys, Riddoch und Quinlan (1988) unterscheiden dabei drei Verarbeitungsstufen der Objektbenennung. Zunächst wird die äußere Struktur des Objekts erkannt, die zweite Stufe erlaubt den Zugriff auf die semantischen Informationen des Objekt und zuletzt wird der Objektname abgerufen. Bei diesem sukzessiven Ablauf werden die semantischen Inhalte strukturähnlicher Objekte ebenfalls aktiviert. Nach Humphreys' Cascade-Modell sind sich belebte Objekte untereinander strukturähnlicher als unbelebte Objekte, d.h. es wird bei der Erkennung belebter Objekte eine sehr hohe Anzahl semantischer Informationen aktiviert, die auf verschiedene Objekte zutrifft und aus denen ein Objekt ausgewählt werden muss (increased competition). Deshalb werden sie langsamer verarbeitet (Humphreys, Riddoch und Quinlan 1988: 85f). Die Weiterführung dieses Ansatzes nennen Humphreys und Forde (2001) die hierarchical interactive theory (HIT). In dieser Theorie wird die verschiedenartige Interaktivität der semantischen Informationen (starke und schwache Verbindungen von allgemeinen und distinkten Merkmalen) betont, die als Grund für Verarbeitungsunterschiede zwischen den Domänen gilt (Humphreys & Riddoch 2003:266f).

Zusammenfassend lassen sich die neurolinguistischen Erklärungsansätze hinsichtlich ihrer kognitiven und neurofunktionalen Voraussagen in drei Klassen einteilen. Die eine Klasse vertritt die Grundannahme, dass semantisches Wissen nicht kategorial eingeteilt ist, sondern dass konzeptuelles Wissen funktional und neuroanatomisch diskret in modalitätsspezifischen Subsystemen verteilt ist. Diese Subsysteme beinhalten z.B. visuelle, kinästhetische, auditive, etc. Informationen. Zu dieser Klasse gehören die Theorien um das sensorisch funktionale Modell nach Warrington und McCarthy (1983). Die zweite große Klasse geht von einer kategorialen Verteilung des semantischen Wissens aus. Hier besteht der Grundgedanke, dass evolutionäre Zwänge zu einer neuroanatomisch kategorialen Struktur des semantischen Wissens beigetragen haben und dass die gestörten

Kategorien auch ein reelles kognitives und neuroanatomisches Abbild besitzen. Ein Vertreter dieser Annahme ist das domänenspezifische Modell nach Caramazza und Shelton (1998). Die dritte Richtung der Ansätze macht nur vage Aussagen über die neuroanatomische Realität von Kategorien und Domänen und postuliert eine Kategorien- und Domänenbildung, die sich aus der internen Merkmalsstruktur ergibt.

3.2 Studien zur domänenspezifischen semantischen Verarbeitung

Gehirnregionen, die bei der Verarbeitung von Wörtern und Bildern unterschiedlich in Zeitverlauf und Region aktiv sind, sind ventrale okzipitotemporale Kortexareale (z.B. Gyrus fusiformis), laterale Teile des Temporallappens und posteriore Teile des Parietallappens (insbesondere der intraparietale Sulcus) sowie Teile der ventralen prämotorischen Rinde (Martin & Caramazza 2003:201, Aguirre, Zarahn & D'Esposito 1998:373). Dabei werden bei natürlichen Objekten (Gesichter, Tiere) vor allem laterale Teile des fusiformen Gyrus zusätzlich aktiviert (ventral okzipitotemporal), wohingegen bei künstlichen Objekten der mediale Teil des fusiformen Gyrus zusätzlich aktiviert wird. Natürlichen Objekten evozieren generell eine stärkere Aktivierung als künstliche Objekte. Intraparietale und ventrale Teile des prämotorischen Kortex sind ebenfalls stark an der Verarbeitung von Werkzeugen beteiligt (Martin & Caramazza 2003:201f). Bei der Verarbeitung von Tieren und Gesichtern ist besonders der rechte superiore Temporallappen aktiv.

Trotz genauer Untersuchungsmethoden lassen sich die Ergebnisse nicht zu einem homogenen Aktivierungsort zusammenfassen, vielmehr ist der größte Teil des Okzipitotemporallappens bei der Verarbeitung von Objekten und deren Benennungen aktiv. Die lateralen Teile des Temporallappens sind bei weniger Kategorien aktiv als die ventralen Anteile. Verschiedene Kategorien und Domänen rufen unterschiedliche Verarbeitungsprozesse und -muster in den o.g. Regionen hervor, d.h. die Aktivierung in diesen Regionen wird von verschiedenen Kategorien moduliert.

Die oben genannten Daten wurden von Martin und Caramazza (2003) aus neurophysiologischen Primatenstudien (nur Bildverarbeitung) sowie fMRT-Humanstudien zusammengefasst.

Um die Organisation des semantischen Wissens zu untersuchen, wurden zahlreiche psycholinguistische und neurophysiologische Experimente an Sprachgesunden durchgeführt. In dieser Arbeit können nicht alle Studien erläutert

werden, sondern es werden exemplarisch einige wichtige Arbeiten im Folgenden erläutert. Die o.g. zusammengefassten Ergebnisse sollen dafür den Hintergrund bilden.

Reaktionszeit-Studien

Die Studie von Marques (2002) zeigt einen interessanten Effekt, der für die Annahme eines modalitäts- oder merkmalsbasierten Ansatzes spricht. In einer Reaktionszeitmessung sollten die Probanden beurteilen, ob Wortpaare, die belebte, unbelebte oder Objekte beider Domänen benannten, gemeinsame funktionale (z.B. schnell, gefährlich) oder perzeptuelle (z.B. behaart, groß) Merkmale haben. Die Reaktionszeiten unterschieden sich nicht in dem Vergleich, ob die Wörter der Paare aus einer Kategorie stammten oder aus zwei verschiedenen, was jedoch ein kategoriespezifischer Ansatz jedoch voraussagen würde. Die Ergebnisse zeigten tendenziell die kürzesten Reaktionszeiten bei der Entscheidung über gleiche oder ungleiche funktionale Merkmale (Marques 2002:473). Demnach argumentiert der Autor, dass semantisches Wissen nicht kategorial verteilt ist, sondern vielmehr nach der Art der funktionalen Merkmale mental sortiert ist. Diese Ergebnisse unterstützen die sensorisch-funktionale Theorie auf kognitiver Ebene.

EEG-Untersuchungen

Wortklassenunterschiede, wie z.B. Konkreta (z.B. Stuhl, Henne, Lautsprecher) vs. Abstrakta (z.B. Anteil, Dummheit, Vertrauen) oder Eigennamen (z.B. Emma, Finn, Florenz) vs. Gattungsbezeichnungen (z.B. Schrank, Pullover, Topf), die ebenfalls semantisch begründbar sind, geben ebenfalls Hinweise auf eine uneinheitliche Verarbeitung semantischen Wissens. Müller und Kutas (1996) sowie Müller King und Kutas (1997) zeigten in einer EEG-ERP-Studie starke Hinweise für eine uneinheitliche Verarbeitung der beiden Kategorien Eigennamen vs. Gattungsbezeichnungen. Bei der Verarbeitung der beiden Kategorien wurden unterschiedliche hirnelektrische Muster ausgelöst. Eine mit diesem Experiment verbundene Reaktionszeitstudie zeigte ebenso Verhaltens- und Verarbeitungsunterschiede zwischen Eigennamen und Gattungsbezeichnungen. Getestet wurde dabei der eigene Vorname der Versuchsperson, der einen nochmals stärkeren Effekt evozierte. Weiter konnten im Rahmen einer Gating-Studie

sprachgesunde Versuchspersonen bereits nach der akustischen Präsentation der ersten 120 ms von Eigennamen und Gattungsbezeichnungen überzufällig häufig richtig erraten, ob es die ersten Phoneme eines Eigennamens oder einer Gattungsbezeichnung waren (Müller & Kutas 1997:224). Somit argumentieren die Autoren, dass die willkürliche grammatikalische Einteilung der Nomen in Eigennamen und Gattungsbezeichnungen der kognitiven Realität entspricht.

Weiss (1994, 1997) sowie Weiss und Rappelsberger (1996) konnten anhand einer EEG-Kohärenzanalyse zeigen, dass abstrakte und konkrete Nomen in unterschiedlichen Gehirnregionen repräsentiert sind. Die größten Kohärenzunterschiede zeigten sich im β 1-Band: auditiv präsentierte konkrete Nomen riefen höhere Kohärenzen zwischen verschiedenen Gehirnregionen hervor als Abstrakta. Die Autoren konnten damit zeigen, dass sich bei der Verarbeitung konkreter Nomen ein größeres Netzwerk bildet, das sich über weite Teile des Gehirns erstreckt und somit anders verarbeitet werden als Abstrakta. (Weiss 1994:186ff, 1997:126, Weiss & Rappelsberger 1996:17).

Thierry, Cardebat und Démonet (2003) führten eine semantische Kategorisierungsaufgabe durch, in der die Probanden französische gesprochene Wortpaare nach ihrer Zugehörigkeit zu der Domäne *natürlich* bzw. *künstlich* beurteilen sollten. Die Ergebnisse der ERP-Analyse zeigten keine signifikanten Unterschiede in Latenz und Amplitude zwischen den beiden Kategorien.

Khateb, Michel und Pegna (2001) untersuchten mittels der ERP-Analyse die hemisphärenspezifische Verarbeitung durch unterschiedliche Gesichtsfeldpräsentation semantischer Domänen ebenfalls anhand von Beurteilungen über Wortpaare der Domänen *natürlich* vs. *künstlich*. Auch in dieser Studie konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den semantischen Domänen belegt werden (Khateb Michel & Pegna 2001:251).

Dobel et al. (2001) konnten in ihrer Studie ebenfalls keine unterschiedlichen ERP-Muster belegen. Während die Probanden per Tastendruck die Bilder den Domänen *künstlich* vs. *natürlich* zuordnen sollten, zeigten sich symmetrische ERP-Muster in beiden Hemisphären. Dobel et al. vermuten als Grund dieser fehlenden Unterschiede die komplexen Verarbeitungsprozesse bei der Kategorisierung von konkreten Nomen, wodurch rein semantische Effekte nicht im EEG sichtbar gemacht werden können (Dobel et al. 2001:82).

Dehaene (1995) hingegen stellte eine linke temporo-parietale Negativierung bei Tiernamen im Vergleich zu Zahlen- und Eigennamen sowie Pseudowörtern im ERP-Versuch mit geschriebenen Wörtern fest (Dehaene 1995:2155). Dieses Ergebnis lässt jedoch keinen Rückschluss auf semantisch evozierte Unterschiede zu, da Tiernamen semantisch betrachtet nicht vergleichbar mit Eigennamen, Zahlen und Pseudowörtern sind, die – jede Gruppe für sich betrachtet – bereits starke theoretisch-semantische Ungleichheiten aufweisen.

Pulvermüller, Mohr und Schleichert (1999c) wiesen signifikante Unterschiede zwischen stark visuell assoziierten und stark aktionsassoziierten deutschen Nomen bei einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe im Bereich des motorischen und visuellen Kortex nach (Pulvermüller, Mohr & Schleichert 1999c:82). Weiter konnten sie zeigen, dass die Verarbeitung von Verben andere neuronale Aktivität hervorruft als die Verarbeitung von Nomen. Diese Unterschiede zeigen sich darin, dass Verben im motorischen Kortex erhöhte Aktivierung verursachen, während Nomen Aktivierung im visuellen Kortex evoziert (Pulvermüller, Lutzenberger & Preissl 1999b). Hierbei ist jedoch kritisch zu betrachten, dass Verben, die starke motorische Assoziationen hervorrufen mit Nomen, die primär visuelle Assoziationen hervorrufen, miteinander verglichen werden. Später konnten sie unterschiedliche neuronale Aktivierung für verschiedene Untergruppen von Verben feststellen. In weiteren Untersuchungen fanden Pulvermüller, Härle und Hummel (2001) sowie Shtyrov, Hauk und Pulvermüller (2004) hirnelektrische Kohärenzunterschiede bei Verben von gesichts- vs. beinassoziierten Bewegungen (to talk vs. to walk, Pulvermüller, Härle & Hummel 2001) sowie hand- vs. fußassoziierten Bewegungen (to pick vs. to kick, Shtyrov, Hauk & Pulvermüller 2004) im EEG. Gesichtsassoziierte Verben evozierten eine höhere Aktivierung im Bereich der Sylvischen Furche, während beinassoziierte Verben unterschiedliche Aktivierung über dem Vertex (kortikale Repräsentation des Beins) hervor (Pulvermüller, Härle & Hummel 2001:143). Anhand der Untersuchung der mismatch negativity, die eigentlich ein Indikator für Langzeitgedächtnisprozesse ist, stellten die Autoren fest, dass das fußbewegungsassoziierte Wort *kick* die stärkste Negativierung im zentro-parietalen Bereich zeigten, wohingegen das handbewegungsassoziierte Wort *pick* zusätzliche Negativierung in lateralen Hirnregionen zeigte (Shtyrov, Hauk & Pulvermüller 2004:1089).

PET-Studien

Lee et al. (2002) ermittelten in einer PET-Studie die Hirnaktivität während des Generierens von perzeptuellen (z.B. Aussehen) vs. nicht perzeptuellen (z.B. Preis) Informationen belebter und unbelebter Objekte. Die Studie konnte Unterschiede im regionalen Blutfluss (rCBF = regional Cerebral Blood Flow) zwischen den Domänen *belebt* vs. *unbelebt* aufzeigen. Es wurde ein erhöhter Blutfluss im linken posterioren inferioren Temporallappen und im rechten fusiformen Gyrus beim Generieren perzeptueller Informationen und im linken mittleren Temporallappen beim Generieren nicht-perzeptueller Informationen festgestellt. Aufgrund dieser Ergebnisse postulieren die Autoren eine Einteilung des semantischen Wissens nach Merkmalen (Lee et al. 2002:1498ff).

Perani et al. (1995) konnten hingegen Unterschiede im zerebralen Blutfluss bei verschiedenen semantischen Kategorien belegen. Bei einer Entscheidungsaufgabe, ob zwei gezeigte Objekte das gleiche Objekt darstellen, zeigten sich Unterschiede, die abhängig von der gezeigten Kategorie sind. Bei der Tiererkennung war der zerebrale Blutfluss bilateral in inferioren Teilen des temporo-okzipitalen Kortex höher und bei der Erkennung künstlicher Objekte im linken dorsolateralen Frontallappen (Perani 1995:1639). In einer weiteren Studie konnten Perani et al. (1999) domänenabhängige Aktivierungen feststellen: Bei der Verarbeitung von Bildern mit belebten Objekten zeigte sich eine erhöhte bilaterale Aktivierung im okzipitalen Kortex (visuelle Verarbeitung) sowie im Gyrus lingualis und eine linksseitige Aktivierung im Gyrus fusiformis. Bei der Verarbeitung von Bildern unbelebter Objekte hingegen zeigte sich eine erhöhte linkslaterale Aktivierung im dorsalen lateralen Frontallappen und im Temporallappen. Die auditive Wortverarbeitung der Kategorien *Tiere* vs. *Werkzeuge* zeigte andere Aktivitätsmuster: Bei der Verarbeitung von Tiernamen erhöhte sich die Aktivierung im linken fusiformen Gyrus sowie im inferioren Teil des okzipitalen Gyrus. Bei der Werkzeugnamenverarbeitung konnte eine zusätzliche beidseitige Aktivierung in Teilen des Okzipitallappens und eine zusätzliche linksseitige Aktivierung im mittleren temporalen Gyrus und im Cuneus (medialer Teil des Okzipitallappens) nachgewiesen werden.

Mummary et al. (1998) gehen von einer modalitäts- bzw. merkmalsbasierten Einteilung des semantischen Wissens aus. In ihrer PET-Studie sollten Farbe (perzeptuell) und Ort (nicht-perzeptuell) Worttriaten der Domänen *belebt* vs.

unbelebt zugeordnet werden. Bei der Zuordnung des Merkmals *Ort* zeigte sich eine stärkere Sauerstoffanreicherung im linken temporo-okzipito-parietalen Kortex, während bei der Zuordnung von Farbe linke anteriore Teile des medialen Temporallappens sowie der Nucleus caudatus aktiver waren. Der zerebrale Blutfluss unterschied sich nicht für die unterschiedlichen Domänen (Mummery et al. 1998:766).

Devlin et al. (2002) konnten hingegen diese Ergebnisse durch ihre PET-Studie nicht belegen, da sie keine neuroanatomischen Unterschiede während der Verarbeitung semantischer Informationen finden konnten (Devlin et al. 2002:70). Sie sprechen sich daher für eine unspezifische, nicht kategorial organisierte Verteilung des semantischen Wissens aus.

Grabowski, Damasio und Damasio (1998) stellten im PET-Versuch eine erhöhte Aktivierung beim Benennen von Werkzeugbildern gegenüber anderen Kategorien (Eigennamen, Tiere) im anterioren Teil des Gyrus praecentralis und im Bereich des inferioren Teil des mittleren Gyrus frontalis fest (Grabowski, Damasio & Damasio 1998:235).

Cappa et al. (1998b) untersuchten die Distinktion zwischen sensorisch/perzeptuellem Wissen und funktional/assoziativem Wissen anhand der Präsentation geschriebener Wörter, die Tiere und Werkzeuge bezeichnen. Ausgehend davon, dass Tiere stärker durch sensorische/visuelle Informationen und Werkzeuge stärker durch funktionale/assoziative Informationen repräsentiert sind, fanden sie eine höhere frontale Aktivierung bei der Verarbeitung von Tierwörtern und eine höhere temporo-parietale Aktivierung bei der Verarbeitung von Werkzeugwörtern.

Gerlach et al. (2000) untersuchten die Kategorisierung von Bildern belebter vs. unbelebter Objekte und fanden heraus, dass bei beiden Domänen der linke inferiore Gyrus temporalis aktiv war. Im Vergleich zwischen den beiden Domänen zeigte sich eine stärkere Aktivierung bei künstlichen Objekten im linken prämotorischen Kortex. Diese zusätzliche Aktivierung hat möglicherweise ihren Grund im Abrufen von Aktionswissen (action knowledge). Die Autoren begründen die gemeinsame Aktivierung der beiden Domänen im Gyrus temporalis inferior durch ein geteiltes, gemeinsam genutztes semantisches Netzwerk, was jedoch nicht völlig deckungsgleich ist, wie man an der zusätzlichen Aktivierung eines Netzwerkes bei einer Domäne erkennen kann (Gerlach et al. 2000:1697ff).

fMRT-Studien

Philips et al. (2002) stellten bei der Verarbeitung semantischer Informationen von geschriebenen Namen oder Bildern von Obst und Gemüse vs. Werkzeugen Aktivierung im linken posterioren mittleren Temporallappen bei Werkzeugen fest und im linken mittleren anterioren Teil des Temporallappens bei Obst und Gemüse (Philips 2002:2075f). Die Autoren sprechen sich daher für ein verteiltes semantisches neuronales Netz aus, was teilweise gemeinsam genutzt wird, aber auch Strukturen aufweist, die merkmalspezifisch sind (Philips 2002:2076).

Moore und Price (1999) untersuchten mittels fMRT die Verarbeitung (Benennen von Bildern und Bild-Wort-Zuordnung = word-picture-matching) von natürlichen (Tiere und Obst) vs. künstlichen (Fahrzeuge und Werkzeuge) Objektnamen. Künstliche Objekte riefen eine erhöhte Aktivierung im linken posterioren Gyrus temporalis medius und natürliche Objekte bilateral im vorderen Teil des Temporallappens sowie im rechten posterioren Gyrus temporalis medius hervor (homologes Rindengebiet). Die Aktivierung der genannten Kortexareale bei der Verarbeitung der Bilder natürlicher Objekte stellte sich nur bei Strichzeichnungen, nicht aber bei Farbbildern ein. Die Beteiligung der rechten Hemisphäre an der Verarbeitung von Bildern natürlicher Objekte ist nach Moore und Price (1999) ein Resultat der komplexeren Objekterkennung bei dieser Domäne (Moore & Price 1999:956).

Martin und Chao (2001) untersuchten per fMRT das Benennen von Bildern (Tiere vs. Werkzeuge). Die Aktivierung bei der Verarbeitung von Tierbildern im Vergleich zu Werkzeugen war im lateralen Teil des Gyrus fusiformis erhöht und im Vergleichsfall bei der Verarbeitung von Werkzeugbildern im medialen Teil des Gyrus fusiformis. Sie sprechen sich daher für ein modalitäts- bzw. merkmalsbasiertes neuronales Netzwerk semantischer Informationen aus (Martin & Chao 2001:197).

Weiterhin stellten Chao und Martin (2000) eine erhöhte Aktivierung des linken ventralen Teils des prämotorischen Cortex bei der visuellen Verarbeitung von Werkzeugen im Vergleich zu Tieren, Gesichtern und Häusern fest (Chao & Martin 2000:479), was sie der Assoziation verschiedener Handbewegungen zuschreiben. Diese Region wird bereits bei der Vorstellung einer Handbewegung, wie sie etwa mit Werkzeugen durchgeführt wird, aktiviert (Decety et al. 1994:600, Decety 1996:45).

Chao, Haxby und Martin (1999) untersuchten vielfältige semantische Aufgaben (Benennen und Ansehen von Bildern, Wort-Bild Zuordnen) im fMRT-Design.

Aufgabenübergreifend zeigten sich dieselben unterschiedlichen Aktivierungsmuster für die jeweiligen Kategorien. Aufgaben mit Tierstimuli riefen eine erhöhte Aktivierung im inferioren und medialen Teil des Okzipitallappens sowie dem lateralen Teils des Gyrus fusiformis hervor, wohingegen Werkzeugstimuli bilaterale Teile des mittleren Teils des Gyrus fusiformis stärker aktivierten (Chao, Haxby & Martin 1999:913f, Chao, Weisberg & Martin 2002:546). Aufgrund dieser aufgabenübergreifenden ähnlichen Aktivierung gehen die Autoren von einem geteilten semantischen System für verschiedene Informationen aus (z.B. Form oder Bewegung) aus (Chao, Haxby & Martin 1999:918).

3.3 Psycho- und neurolinguistische Studien zur lexikalischen Hierarchie von Nomen

Wie bereits im Kapitel I.1. *Linguistische Erklärungsansätze zur Verteilung semantischen Wissens über Nomen* erwähnt, scheint die Basisebene der Nomina konkreta (wie z.B. Hund, Blume, Auto) bei Verhaltensexperimenten einen kognitiven Verarbeitungsvorteil zu haben (vgl. Rosch 1978:30). Psycholinguistische Experimente zeigten, dass die von Rosch et al. (1976) bezeichnete Basisebene bevorzugt bei Kategorisierungsaufgaben zum Benennen verwendet wird (Rosch et al. 1976:428f). Eine ausführliche Zusammenstellung der psycholinguistischen Studien zur lexikalischen Hierarchie bietet Mangold-Allwin (1995:116ff). Er fasst die Ergebnisse von Rosch et al. (1976) zur Basisebene folgendermaßen zusammen: Bei der Wahrnehmung von Objekten werden diese zunächst auf der Basisebene kategorisiert und anschließend in ihre Sub- oder Superordination eingefügt. Die Versuchspersonen konnten eine Kategorienzugehörigkeit schneller entscheiden, wenn ein Begriff der Basisebene präsentiert wurde, als wenn es sich um einen sub- oder superordinierter Begriff handelte. Außerdem wurden Objekte signifikant häufiger mit Begriffen der Basisebene benannt. Diese Ergebnisse konnte Hoffmann (1986:217) in einem Benennexperiment replizieren. Hoffmann (1986) nennt die Begriffe der Basisebene Primärbegriffe (vgl. Hoffmann 1986, Kap. 5). Diese Untersuchungen wurden später bezüglich ihres Experimentdesigns nochmals durchgeführt und die Ergebnisse konnten nicht repliziert werden, wenn den Versuchspersonen beim Benennen der Zeitdruck genommen wurde. Dann nämlich wurden zum größten Teil spezifischere Begriffe zur Benennung herangezogen (Pobel

1991 in Mangold-Allwin et al. 1995:127f). Somit konnte widerlegt werden, dass beim Benennen die Basisebene stets einen signifikanten Vorrang erhält.

Die beschriebenen Studien variieren sowohl im Untersuchungsdesign (Material, Methode und Aufgabe) als auch in den Ergebnissen. Sehr oft wird die Distinktion *Tiere* vs. *Werkzeuge* untersucht, weil diese beiden Kategorien typische Vertreter der Domänen *belebt* bzw. *natürlich* und *unbelebt* bzw. *künstlich* sind, außerdem bildlich gut darstellbar und alltagsrelevant sind.

Diverse Untersuchungen zeigten neurophysiologische Unterschiede zwischen zwei Kategorien bzw. Domänen (z.B. Tiere vs. künstliche Objekte in der Studie von Perani et al. 1995) oder zwei Wissenstypen (z.B. perzeptuelle vs. nicht-perzeptuelle Informationen in der Studie von Lee et al. 2002). Die Ergebnisse der neurolinguistischen Experimente sprechen sowohl für einen modalitäts- bzw. merkmalsbasierten Ansatz, wie z.B. der SFT nach Warrington und McCarthy 1983 und Warrington und Shallice (1984) (z.B. Mummery et al. 1998), als auch für den domänenspezifischen Ansatz nach Caramazza und Shelton (1998) (z.B. Perani et al. 1999) oder für eine konzeptstrukturabhängige Organisation des semantischen Wissens, wie sie von Tyler et al. (2000) vertreten wird (z.B. Pulvermüller, Mohr & Schleicher 1999d). Andere Experimente konnten keine neurophysiologischen Unterschiede zwischen Domänen oder semantischen Wissenstypen feststellen (z.B. Thierry, Cardebat & Démonet 2003, Khateb et al. 2001). Die Verschiedenheit der Resultate kann an der Materialvariation (Strichzeichnungen, Fotos) und Präsentationsmodalität (akustisch, visuell) liegen. Daher sind weitere Untersuchungen mit vergleichbaren Methoden, Materialien und Aufgabenstellungen notwendig, um neuroanatomische Unterschiede auf Kategorien, Domänen oder Wissenstypen zu projizieren.

4. Aphasologische Fallstudien

Seit der Veröffentlichung von Warrington und McCarthy im Jahr 1983, in der sie einen Patienten mit einem domänenspezifischen semantischen Defizit für belebte Objekte bei erhaltenen Verarbeitungsfähigkeiten für Objekte der Domäne *unbelebt* beschreiben, gibt es eine Vielzahl von neurolinguistischen Studien, die ähnliche oder gleiche Phänomene beschreiben (vgl. Caramazza 1996a, 1996b, Capitani et al. 2003, Gainotti 2000,). Die bereits im Kapitel I.3. *Neurolinguistische Erklärungsansätze* beschriebenen theoretischen Modellvorstellungen zu domänenspezifischen semantischen Verarbeitungsdefiziten bieten verschiedene Sichtweisen zur Organisation des semantischen Wissens und zum Aufbau des mentalen Lexikons. Dieses Kapitel soll einen Überblick über die vorhandenen Patientenstudien geben, die semantische Störungen im Bereich bestimmter Kategorien und Domänen von Nomen beschreiben. Die Ursache dieser Störungen liegt meist in sprachsystematischen Defiziten nach einem Schlaganfall (z.B. Shelton, Fouch & Caramazza 1998, Lyons, Hanley & Kay 2002), einer Alzheimer Demenz (z.B. Hirono et al. 2001, Grinstead & Rusted 2001, Becker & Overman 2002, Grossmann 2003), einer semantischen Demenz (Borgo, Mondini & Bisiacchi 2003, s. auch Überblick in Murre, Graham & Hodges 2001), eine Herpes Simplex Enzephalitis (z.B. De Renzi & Lucchelli 1994, Laiacona, Capitani & Caramazza 2003) oder einem Schädel-Hirn-Trauma (Farah, McMullen & Meyer 1991, Rosazza et al. 2003).

4.1 Studien zu domänenspezifischen semantischen Defiziten nach hirnorganischer Schädigung

Zwei grundlegende Fragen stellen sich bei der Erforschung der Gründe für domänenspezifische Defizite (Capitani et al. 2003:227):

1. Welche Kategorien und Domänen sind bei semantischen Defiziten betroffen?
2. Gibt es eine Interaktion zwischen der betroffenen Art des semantischen Wissens und der gestörten Kategorie oder Domäne?

Die einzelnen Bausteine des semantischen (auch genannt: konzeptuellen) Wissens bilden die Bestandteile der unterschiedlichen semantischen Kategorien bzw. der übergreifenden Domänen. D.h., das semantische bzw. konzeptuelle Wissen beinhaltet alle semantischen Informationen, die sich auf theoretischer Ebene zu Kategorien (z.B. Fahrzeuge, Pflanzen, Kleidung) oder zu Domänen (z.B. natürlich, künstlich) einteilen lassen. Das Domänenwissen lässt sich neben der Einteilung in allgemeine Attribute, wie *natürlich* oder *künstlich* auch in die zugrundeliegenden Wissenstypen einteilen (z.B. Wissen über Form und Farbe vs. Wissen über Funktion).

Die neuronale Organisation dieses Wissens ist trotz aller neurophysiologischen Messungen und psycho- sowie neurolinguistischen Untersuchungen nicht erklärt. Fraglich bleibt daher auch, ob – auf neuronaler und/oder auf kognitiver Ebene – eine unmittelbare Verbindung zwischen bestimmtem semantischem Wissen und einer bestimmten semantischen Domäne existiert und ob eine solche potenzielle Verbindung zu selektiven semantisch diskreten Ausfällen führen kann. Die spezifischen semantischen Defizite bei hirnganisch erkrankten Patienten sind in der Lokalisation sowie in ihrer Auswirkung uneinheitlich und zum Teil sehr speziell (z.B. Anomie für die Kategorie *Musikinstrumente*, Dixon, Piskopos & Schweizer 2000, Barbarotto, Capitani & Laiacona 2001).

Diese Beobachtungen werfen die Frage auf, ob die kategorie- oder domänenspezifischen Verarbeitungsstörungen auch immer mit einer Verarbeitungsstörung des analogen semantischen bzw. konzeptuellen Wissens einhergehen. Die SFT (sensorisch/funktionale Theorie nach Warrington und McCarthy 1983) sagt diese anatomische und kognitive Trennung des semantischen Wissens voraus. Der konzeptstrukturabhängige Ansatz nach Tyler et al. (2000) geht dagegen von einem gemeinsamen neuronalen semantischen Netzwerk aus.

Die erhebliche Anzahl an Studien über aphasische Patienten mit semantischen Defiziten wirft bei jeder neurolinguistischen Theorie Unschlüssigkeiten auf. Sind beispielsweise kinästhetische Informationen nicht mehr abrufbar, so muss nicht zwangsläufig nur die Kategorie *Kleidungsstücke* gestört sein (Martin & Caramazza 2003:196f). Oder ist beispielsweise der Abruf der Namen aus der Kategorie *Tiere* gestört, so sind sowohl die sensorischen als auch die funktionalen Informationen aus dieser Kategorie gestört (Martin & Caramazza 2003:197), d.h. dass das gesamte konzeptuelle Wissen einer gestörten Kategorie betroffen ist. Diese Resultate zeigen,

dass nicht zwangsläufig die Störung einer bestimmten Art semantischer Information mit einem sprachlichen Defizit der Kategorie einhergeht, die viele dieser semantischen Informationen enthält.

Die Dissoziationen zwischen sprachlichen Leistungen für verschiedene Arten von semantischem Wissen und verschiedenen semantischen Kategorien lassen sich testen, indem Patienten sprachliche Aufgaben durchführen, die den Abruf und die Produktion bestimmter semantischer Informationen erfordern. Wegen der guten Kontrollierbarkeit werden den Patienten in den meisten Fällen Benenn- oder Beschreibungsaufgaben zu Objekten bestimmter semantischer Kategorien vorgelegt, sowie Fragen zu deren Funktion und Aussehen gestellt. Letzteres testet ausschließlich den Abruf konzeptueller Informationen. Die Benenn- oder Beschreibungsaufgaben können dagegen lediglich testen, ob der Abruf von Nomen einer bestimmten semantischen Kategorie intakt ist oder nicht. In vielen Studien wird diese Unterscheidung jedoch nicht beachtet, so dass entweder die Aussage über ein Kategoriendefizit oder über ein umschriebenes Defizit im semantischen Wissensspeicher getroffen wird.

Weiterhin werfen die vorliegenden aphasischen Fallstudien die Frage auf, ob es Hinweise auf feingliedrigere semantische Aufspaltungen – also Kategorien – innerhalb der aphasischen semantischen Defizite auf neuronaler und/oder kognitiver Ebene gibt als die der Domänen *natürlich* vs. *künstlich*, *belebt* vs. *unbelebt* bzw. *biologisch* vs. *nicht biologisch*. Diverse Fallstudien, von denen einige im Folgenden beschrieben werden, bestätigen das.

Capitani et al. (2003) liefern mit ihrem Artikel eine nahezu vollständige Übersicht über die Fallstudien von Patienten mit domänenspezifischen Defiziten im Bereich der Dissoziation *künstlich* vs. *natürlich* von der ersten Beschreibung von Warrington und Shallice (1984) bis hin zum Jahr 2001. Sie fassen insgesamt 76 Studien zusammen, die über Patienten mit selektiven Domänendefiziten berichten. Von diesen Fallbeschreibungen behandeln 42 Studien semantische Störungen im Bereich der Domäne *natürlich* und 34 die Domäne *künstlich* bzw. *belebt* und *unbelebt*. Die Auflistung von Capitani et al. (2003) wird im Folgenden wegen ihres beachtlichen Überblicks weitestgehend übernommen, wobei weitere, aktuellere Studien hinzugefügt werden und die Struktur der Tabelle abgeändert wird.

4.2 Tabellarische Auflistung der Fallstudien neurogener semantischer Defizite

In den folgenden vier Tabellen werden die Fallstudien von Patienten mit semantischen Defiziten skizziert. Aus Platzgründen werden Abkürzungen verwendet:

TL = Temporallappen

FL = Frontallappen

PL = Parietallappen

OL = Okzipitallappen

HSE = Herpes simplex Enzephalitis

DAT = Demenz vom Alzheimer Typ

Pat. = Patient

O = Objekte

Tabelle 1: Semantische Defizite der Domänen belebter / natürlicher sowie unbelebter / künstlicher Objekte, die auf produktiver Ebene getestet wurden.

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Coslett et al. 2002	semantische Demenz	-	BE & Beschreiben von Körperteilen & künstlichen O	BE von Körperteilen, BE & Beschreiben von künstlichen O
Hillis et al. 1990	ischämischer Insult	FL & PL links	Wortverständnis & -produktion	genannte Aufgaben bei Körperteilen, Möbeln & Kleidungsstücken

Tabelle 2: Semantische Defizite der Domäne belebter / natürlicher Objekte, die auf produktiver Ebene getestet wurden.

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Arguin, Bub & Dudeck 1999	ischämischer Insult	inferiorer TL bilateral	Bilder-BE	BE von Bildern natürlicher O
Barbarotto et al. 1995	Fokale Degeneration	TL bilateral, Hippocampus & Parahippocampus rechts	BE nach Bildvorlage & Abfragen semantischer Informationen	BE & Abfragen von Informationen über natürliche O & Musikinstrumente
Barbarotto, Capitani & Laiacona 1996	HSE	TL links, FL rechts	BE von Bildern	BE von Bildern natürlicher O

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Barbarotto, Laiacona & Capitani 1996	HSE	TL links	BE von Bildern	BE von Bildern natürlicher O
Barry & McHattie 1998	Zerebrovaskuläres Ereignis	-	BE & Beschreiben von Bildern belebter O	BE & Beschreiben von Bildern belebter O
Basso, Capitani & Laiacona 1988	Links-temporale Atrophie	TL links	BE & Sprachverständnis	BE & Sprachverständnis für Tiere, Obst & Gemüse
Behrmann & Lieberthal 1989	Infarkt der A. cerebri media	FL, TL & PL sowie Capsula interna	Kategorisierung von Körperteile, Tieren, Farben, Fahrzeugen, Möbel & Lebensmittel	Kategorisieren aller O gestört außer Tiere
Borgo & Shallice 2001	HSE	TL & FL bilateral, OL rechts	BE nach Bildvorlage & nach Definition	BE von natürlichen Kategorien
Breidin, Saffran & Coslett 1994	Fokale Degeneration	inferiorer Teil der temporo-okzipitalen Region	Auswählen geschriebener Namen nach Instruktion	Auswählen von Namen von Tieren & Musikinstrumenten
Caramazza & Shelton 1998	ischämischer Insult	Links posteriorer FL & TL	BE von Bildern	BE von Bildern von Tieren
Carbonnel et al. 1997	Anoxie	-	Definieren	Definieren von Tieren
Cardebat et al. 1996	- (progressive Wortfindungsstörungen)	-	Wort-Bild-Zuordnung	Wort-Bild-Zuordnung von Tieren
De Renzi & Lucchelli 1994	HSE	-	BE nach visueller oder taktiler Vorlage sowie nach Definition	BE natürlicher O
De Haan, Young & Newcombe 1992	Schädel-Hirn-Trauma	PL bilateral, TL links	Namenabruf & räumliche Erkennung	genannte Aufgaben bei natürlichen O
Dixon, Piskopos & Schweizer 2000	HSE	-	BE von Bildern	BE von Bildern von Tieren & Musikinstrumenten

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Farah & Wallace 1992	Aneurysma	OL links	BE künstlicher & natürlicher O	BE natürlicher O, Informationsabruf dieser O relativ erhalten
Farah & Wallace 1992	hämorrhagischer Insult	OL rechts	BE	BE von Obst & Gemüse
Farah, McMullen & Meyer 1991	Visuelle Agnosie nach SHT ¹	L.H.: rechts temporal & rechts frontal M.B.: links temporal	BE visueller Vorlagen (Strichzeichnungen belebter & unbelebter O)	BE von Strichzeichnungen belebter O
Farah, Meyer & McMullen 1996	SHT	-	BE nach Bildvorlage	BE belebter O
Ferreira, Giusiano & Poncet 1997	Pat.1: Hirninfarkt Pat.2 & 3: HSE	linker infero-medialer Teil des TL	BE nach Bildvorlage	BE von Tieren
Funnel & De Mornay Davies 1996	Gedächtnisstörung	Atrophie, TL bilateral	BE & Definieren von belebten & unbelebten O	BE & Definieren von belebten O
Funnel 2000	DAT	TL & PL bilateral	BE nach Bildvorlage	BE von natürlichen O
Gainotti & Silveri 1996	HSE	Inferiorer TL bilateral, Hippocampus & Amygdala	BE nach Bildvorlage	BE von Tieren stärker gestört als von Pflanzen, Obst & Gemüse, BE von Körperteilen erhalten
Gonnermann et al. 1998	DAT	-	BE von Bildern, Wort-Bild-Zuordnung & Subordination	alle Aufgaben bei Obst & Gemüse stärker gestört als bei künstlichen O
Hanley, Young & Pearson 1989	HSE	-	BE nach Bildvorlage & Definition sowie Beschreiben nach Bildvorlage	BE & Beschreiben von Tieren, Obst & Pflanzen
Hart & Gordon 1992	paraneoplastisches Syndrom	TL	BE nach Beschreibung & Bildvorlage	BE von Tieren sowie Merkmalen belebter O

¹ Eine visuelle Agnosie ist eine visuelle Verarbeitungsstörung, d.h. es handelt sich hierbei nicht um ein sprachliches Defizit (Hartje & Poeck 2000:244f).

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Hart, Berndt & Caramazza 1985	ischämischer Insult	FL links & Basalganglien	Kategorisierungsaufgabe mit Bildern, Abfragen semantischer Informationen	Kategorisieren von bildlich vorgegebenem Obst & Gemüse
Hillis & Caramazza 1991	Schädel-Hirn-Trauma	TL & FL	BE nach Bildvorlage	BE von Obst & Gemüse
Laiacona, Barbarotto & Capitani 1993	Schädel-Hirn-Trauma	FL & TL links	BE von Bildern & Wort-Bild-Zuordnung	BE von Bildern & Wort-Bild-Zuordnung natürlicher O & von Musikinstrumenten
Laiacona, Capitani & Barbarotto 1997	HSE	Pat.1: TL links Pat.2: inferiorer Teil des TL, Hippocampus & Amygdala links	BE, Beschreiben & Wort-Bild-Zuordnung	EA: BE, Beschreiben & Wort-Bild-Zuordnung natürlicher O LA: BE von Tieren, Obst & Gemüse, Musikinstrumente
Laiacona, Capitani & Caramazza 2003	HSE	-	BE nach Bildvorlage & nach Definition	BE belebter O
Lambon Ralph et al. 1998	DAT	TL links	BE, Definieren	Pat.1: BE belebter O
Laws et al. 1995	HSE	rechts temporal, Insel, subkortikale Strukturen	Beschreiben von O	Beschreiben der funktionalen Informationen von Tieren
Laws et al. 1998	HSE	Inferiorer & lateraler Teil des TL, Uncus, Hippocampus, parahippocampaler Gyrus, Insel	BE	BE von natürlichen Kategorien
Lecours et al. 1999	HSE	-	BE von Bildern	BE von Bildern natürlicher O

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Mauri et al. 1994	Pat.1: DAT Pat.2: HSE	Pat.1: - Pat.2: anteriorer Teil des TL bilateral	BE von Bildern	BE von Bildern natürlicher O
McCarthy & Warrington 1988	Semantische Demenz	TL links	Bild- & Wortdefinition	Sprachverständnis & BE belebter O
Mehta, Newcombe & DeHaan 1992	HSE	TL & OL bilateral	Kategorienzugeh örigkeit	Beurteilen der Kategorienzu- gehörigkeit von natürlichen O
Moss et al. 1998	HSE	TL bilateral	BE nach Bildvorlage	BE von Tieren & Gemüse (andere Lebensmittel erhalten!)
Moss, Tyler & Jennings 1997	HSE	TL rechts, Insel rechts, subkortikale Strukturen bilateral	BE & Beschreiben von O	Beschreiben sensorischer Informationen belebter O
Parkin 1993	Semantische Demenz	links perisylvische Atrophie, Hypometab olismus im TL & im anterioren FL	BE & Wort-Bild- Zuordnung	BE von belebten O
Pietrini et al. 1988	HSE	JV: anteriorer & medialer TL links, FL, links, Insel links & rechts RM: TL links, basaler Teil des FL	BE nach Bildvorlage & Definition, Wort- Bild-Zuordnung & Definieren	genannte Aufgaben bei Tieren & Pflanzen
Riddoch et al. 1999	Ischämi- scher Insult	inferiorer TL bilateral, OL	BE von Bildern	BE von Bildern natürlicher O
Rosazza et al 2003	SHT	FL rechts	BE, Abruf semantischer Informationen	BE & Beschreiben belebter O
Samson, Pillon & De Wilde 1998	Atrophie	PL links	div. Benennaufgaben	BE von Tieren schlechter als von Obst & Gemüse

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Sartori & Job 1988	HSE	anteriorer TL bilateral	BE von O nach Bildvorlage & Beschreibung	BE von Tieren, Obst & Gemüse nach Bildvorlage & Beschreibung
Sartori et al. 1988	HSE, Aneurysma der linken A. communicans posterior	Pat.1: TL bilateral Pat.2: inferiorer TL	BE	BE belebter O
Sartori et al. 1993	HSE	TL bitateral & Hippocampus	BE & Beschreiben nach Bildvorlage	BE & Beschreiben belebter O
Sartori, Job & Coltheart 1993	Enzephalitis	-	BE nach Bildvorlage	BE von natürlichen O
Sartori, Miozzo & Job 1994	HSE	TL bilateral & Hippocampus	BE von Bildern	BE von Bildern natürlicher O
Sheridan & Humphreys 1993	HSE	TL links	BE	BE von Tieren & Lebensmitteln
Silveri & Gainotti 1988	HSE	fronto-temporale Schädigung des Neokortex & weißer Substanz bilateral	BE & Beschreiben nach Definition & Bildvorlage	BE & Beschreiben von natürlichen O
Sirigu, Duhamel & Poncet 1991	HSE	TL bilateral, Hippocampus & Amygdala	BE von Bildern	BE von Bildern natürlicher O
Stewart, Parkin & Hunkin 1992	HSE	-	BE	BE belebter O
Swales & Johnson 1992	HSE	TL links	BE nach Bildvorlage	BE von Tieren, Obst & Gemüse

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Takarae & Levin 2001	Schädel-Hirn-Trauma	Pat.1: TL & FL rechts, OL subkortikal & TL subkortikal links, Parietal- & OL rechts Pat.2: TL links	BE nach Bildvorlage	Pat.1: BE von Tieren, Obst & Gemüse Pat.2: BE von natürlichen O, BE von Körperteilen selektiv erhalten
Teixera Ferreira, Giusiano & Poncet 1997	Pat.1: ischämischer Insult Pat.2 & 3: HSE	Pat.1: medial-inferiorer TL links, inferiorer TL rechts Pat.2: Inferiorer TL bilateral, medialer TL links Pat.3: medial-inferiorer TL	BE nach Bildvorlage	BE von Tieren
Warrington & Shallice 1984	HSE	TL bilateral	Pat.1: Wort-Bild-Zuordnung Pat.2: BE	Pat.1: Wort-Bild-Zuordnung bei natürlichen O war stärker gestört als bei künstlichen O Pat.2: BE von Tieren & Lebensmitteln
Whatmough et al. 2003	DAT	-	BE	BE natürlicher O erschwert
Wilson 1997	Pat.1+2: SHT Pat.3+4: HSE	diverse korikale & subkortikale Strukturen	BE nach Bildvorlage	BE belebter O

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Wilson 1997	Pat.1: HSE Pat.2 & 3: Schädel- Hirn- Trauma	Pat.1: TL bilateral Pat.2: antero- lateraler Teil des TL links Pat.3: generalisierte Atrophie	BE & Definieren nach Bildvorlage	Pat.1: BE & Definieren von natürlichen O, Lebensmittel, Edelsteine & Krankheiten Pat.2: BE & Definieren von Tieren & Musikinstrumenten Pat.3: BE & Definieren von Tieren
Wilson Baddeley & Kapur 1995	HSE	diverse kortikale & subkortikale Strukturen	BE nach Bildvorlage	BE von belebter O
Young et al. 1989	HSE	-	BE nach Bildvorlage & Beschreibung	BE nach Bildvorlage & Beschreibung von belebten O

Tabelle 3: Semantische Defizite der Domäne *unbelebter / künstlicher Objekte*, die auf produktiver Ebene getestet wurden.

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Breedin, Martin & Saffran 1994	Pat. 1-3: ischämischer Insult	FL & PL links	Auswählen geschriebener Namen nach Instruktion	Auswählen von Namen von Werkzeugen
Cappa et al. 1998a	hämorrhagischer Insult	Anteriorer Teil des TL links	BE	BE von Werkzeugen, Möbeln (Fahrzeuge, Musikinstrumente weniger stark gestört)
Forde et al. 1997	hämorrhagischer Insult	linker infero- medialer Teil des TL & Teile des OL, rechter Thalamus	BE nach multimodaler Stimulation	BE unbelebter O
Gaillard et al. 1998	HSE	Anteriorer & infero- medialer Teil des TL	BE	BE von künstlichen O

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Hécaen & De Ajuriaguerra	Neoplasie	Medialer Teil des OL mit Streuung zum PL & TL	BE nach Bildvorlage	BE von künstlichen O
Hillis & Caramazza 1991	ischämischer Insult	TL links & Basalganglien	verbalen & schriftliches BE	BE von Tieren selektiv erhalten
Hillis et al. 1990	Hirnfarkt	links fronto-temporal	Lesen, Schreiben, BE, Sprachverständnis	Lesen, Schreiben, BE, Sprachverständnis unbelebter O
Laiacona & Capitani 2001	Atrophie	Fronto-temporale Region	BE & Wort-Bild-Zuordnung	BE & Wort-Bild-Zuordnung von künstlichen O
Lambon Ralph et al. 1998	DAT	TL links	BE, Definieren	Pat.2: BE künstlicher O
Moss & Tyler 2000	Atrophie	TL bilateral	BE nach Bildvorlage	BE von künstlichen O
Sacchett & Humphreys 1992	ischämischer Insult	FL & PL links	BE nach Bildvorlage, Wort-Bild & Bild-Wort-Zuordnung	genannte Aufgaben für künstliche O (Musikinstrumente auch leicht betroffen!)
Shelton, Fouch & Caramazza 1998	Hirnfarkt links okzipital	OL links	BE von O jeder Kategorie/Domäne	alle Kategorien/Domänen außer Körperteile
Silveri et al. 2000	Atrophie	TL links	BE nach Bildvorlage	BE von künstlichen O (Musikinstrumente etwas weniger stark gestört)
Turnbull & Laws 2000	ischämischer Insult	posteriorer & inferiorer Teil des OL, Thalamus & Capsula interna	BE	BE von künstlichen O
Tyler & Moss 1997	Progressive Aphasie	-	BE von Bildern	BE unbelebter O
Warrington & McCarthy 1983	ischämischer Insult	fronto-parietale Region links	Bild-Objekt-Zuordnung	Bild-Objekt-Zuordnung von künstlichen O

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Warrington & McCarthy 1987	ischämischer Insult	Temporo-parietale Region links	Bild-Bild-Zuordnung	Bild-Bild-Zuordnung von kleinen künstlichen O, Möbeln & Musikinstrumenten (Körperteile waren leicht gestört, jedoch schwerer als große künstliche O)

Tabelle 4: Semantische Defizite der Domäne *belebter / natürlicher Objekte*, die auf zeptiver Ebene getestet wurden.

Autoren	Läsionsart	Läsionsort	getestete Modalität	Defizit
Charnallet & Carbonnel 1995	Anoxie, Hirninfarkt	-	Erkennen & Kategorisieren von Bildern	Erkennen & Kategorisieren von Bildern von Tieren
Farah et al. 1989	SHT	bilateral temporo-okzipital & rechts inferior frontal	Erkennen von berühmten, künstlichen & natürlichen O	Erkennen von berühmten Personen, Tieren, Pflanzen & Lebensmitteln
Magnié et al. 1999	Anoxie	-	Objekterkennung	Objekterkennung für natürliche O absolut gestört

4.3 Darstellung einzelner Fallstudien

Die Studien von Nielsen (1946:71f) und von Warrington (1975) waren die ersten namhaften systematischen Veröffentlichungen im Bereich der domänenspezifischen semantischen Defizite bei Patienten (Humphreys & Forde 2001:454 und 463). Diesen folgten Fallstudien von Whiteley und Warrington (1978) sowie McKenna und Warrington (1980). In der Studie von Whiteley und Warrington (1978) handelt es sich jedoch eher um ein kategoriespezifisches Gedächtnisproblem, was natürlich auch Auswirkungen auf die Sprache hat, nicht aber als primär linguistisches Problem dargestellt wird; in der Fallbeschreibung von McKenna und Warrington (1980) handelt es sich um eine Eigennamenanomie. Die beiden Studien von Warrington und McCarthy (1983) sowie Warrington und Shallice (1984) werden gemeinhin als Triebfeder der neurolinguistischen Forschung im Bereich kategorie- und domänenspezifischer Störungen angesehen (De Renzi & Lucchelli 1994:3, Caramazza & Shelton 1998:1, Lambon Ralph et al. 1998, Humphreys & Forde 2001:453, Bookheimer 2002:169). Sie beschreiben unter linguistischen Gesichtspunkten kategoriespezifische Defizite nach hirnorganischer Schädigung.

In ihrer Studie beschreiben Warrington und McCarthy (1983) die selektive Erhaltung bei einer matching-to-sample-Aufgabe für natürliche Objekte (Tiere, Pflanzen, verschiedene Lebensmittel) bei einem Globalphasiker. In ihrer quantitativen Studie aus dem Jahr 1984 berichten Warrington und Shallice von vier Patienten, die nach einer Herpes Simplex Enzephalitis zwar unbelebte bzw. künstliche Objekte nach piktorialer Stimulation benennen konnten, jedoch unfähig waren, die Bilder belebter Objekte sowie von Lebensmitteln zu benennen. Diese Studien lieferten den Anstoß zu weiteren Analysen und Evaluierungen dieses neurolinguistischen Problems.

Im Folgenden sollen einige Arbeiten, die sich mit kategorie- und domänenspezifischen semantischen Defiziten nach hirnorganischer Schädigung befassen, diskutiert werden. In den einzelnen Studien wird nur selten detailliert beschrieben, welcher Art die semantischen Informationen waren, die nicht abgerufen werden konnten (sensorisch/perzeptuell oder funktional/assoziativ). Daher muss man davon ausgehen, dass dies entweder nicht getestet wurde, oder dass die Autoren

keine Unterscheidung zwischen den verschiedenen semantischen Informationen machen.

Caramazza und Shelton (1998) beispielsweise berichten von einem Patienten, der selektive Ausfälle beim Benennen der Kategorie *Tiere* hatte bei erhaltener Verarbeitungsfähigkeiten für weitere Objekte der Domäne *belebt*. Die Störung bezog sich nicht ausschließlich auf die Benennleistungen, sondern umfasste auch das gesamte (sowohl sensorisch/perzeptuelle oder funktional/assoziative) Wissen über Tiere (Caramazza & Shelton 1998:16). Die Autoren machen keine Angaben über die Lokalisation der Schädigung.

Von einem weiteren Fallbeispiel für eine Störung der Domäne *belebt* bei relativ erhaltener Verarbeitung der Domäne *unbelebt* berichten De Renzi und Lucchelli (1994:4ff). In dieser Studie wurde die Produktion von Objektnamen sowie das semantische Wissen über diese Objekte getestet, indem die Patientin Objekte verschiedene Kategorien nach visueller bzw. taktiler Stimulation sowie nach Definition benennen sollte. Die Störung betraf sowohl das sensorische als auch das funktionale Wissen der gestörten Kategorie (De Renzi und Lucchelli 1994:16ff).

Shelton, Fouch und Caramazza (1998) konnten von einem umgekehrten semantischen Verarbeitungsproblem berichten. Ihr Patient war nach einem links okzipitalen Hirninfarkt nicht mehr in der Lage, Objekte zu benennen, bis auf die Ausnahme der Körperteile. Diese Dissoziation weist laut der Autoren darauf hin, dass diese Kategorie anderen Verarbeitungsprozessen unterliegt als andere Objekte (Shelton, Fouch & Caramazza 1998: 346).

Farah, McMullen und Meyer (1991) konnten bei zwei Schädel-Hirntraumapatienten die wohl am weitesten verbreitete uneinheitliche Dissoziation zwischen der Verarbeitung *belebter* vs. *unbelebter Objekte* diagnostizieren, bei der die Verarbeitung *belebter Objekte* unverhältnismäßig stärker gestört ist als die Verarbeitung *unbelebter Objekte*. Sie interpretieren kategoriespezifische Defizite dahin gehend, dass die Verarbeitung der einen Kategorie Verarbeitungsprozessen unterliegt, die für die andere Kategorie irrelevant sind und vice versa. Diese Interpretation der Resultate impliziert die Annahme eines geteilten Netzwerkes für semantische Informationen d.h. deren Argumentation ist analog zu der von Shelton, Fouch und Caramazza (1998) (Farah, McMullen & Meyer 1991:185, s. auch Kurbat 1997:813).

Von einem Patienten mit konstant schlechten Leistungen berichten Borgo und Shallice (2001). Dieser hat ein Benenndefizit für alle Kategorien, die stark sensorisch repräsentiert sind (besonders Sammel- und Stoffbezeichnungen wie z.B. Öl, Holz, Mehl, Pfeffer, usw.). Darüber hinaus zeigte der Patient auch starke Beeinträchtigungen im Abruf sensorischer Informationen zu diesen Objekten. Daher gehen die Autoren davon aus, dass Defizite in der Verarbeitung semantischen Wissens mit Defiziten beim Benennen dieser Objekte einhergehen (Borgo & Shallice 2001), was stark für die SFT nach Warrington und McCarthy spricht (Warrington & McCarthy 1983).

Rosazza et al. (2003) konnten bei ihrem Patienten ein Defizit für die Domäne der belebten Objekte diagnostizieren. Der Abruf spezifischer visueller (sensorischer) Informationen (wie z.B. Muster und Farbe des Fells) belebter Objekte war ebenfalls gestört (Rosazza et al. 2003). Diese Resultate lassen sich ebenfalls durch die SFT erklären.

Whatmough et al. (2003) ließen eine Gruppe von Demenzpatienten (Demenz vom Alzheimer Typ = DAT) Bilder benennen und stellten Benenndefizite für die natürlichen Objekte bei vorgeschrittener Krankheit fest, d.h. je höher die Wortfindungsschwierigkeiten bei den Patienten waren, desto proportional größer war das Defizit für die Domäne natürlicher Objekte (Whatmough 2003:140f). Diese Ergebnisse sprechen für einen Verarbeitungsnachteil der Domäne *natürlich*. Diese Defizite treten jedoch nicht bei allen Demenzpatienten auf (Laws, Lesson & Gale 2003:416).

Grinstead und Rusted (2001) hingegen fanden einen Verarbeitungsnachteil für das Nennen funktionaler Eigenschaften von Objekten bei Alzheimerpatienten heraus (Grinstead & Rusted 2001:298).

Aronoff et al. (2004) fanden bei einer umfangreichen Studie (n = 15) heraus, dass mit steigendem Schweregrad einer Alzheimer Demenz die Fähigkeit Bilder natürlicher Objekte (z.B. Tiere) zu benennen und deren semantische Merkmale (z.B. Federn haben, fliegen können, usw.) nach Zusammengehörigkeit zu sortieren abnimmt (Aronoff et al. 2004:155). Aronoff geht entsprechend dem konzeptstrukturabhängigen Ansatz davon aus, dass natürliche Objekte in ihrer Merkmalsstruktur ähnlicher sind, d.h. dass die einzelnen Merkmale stärker interkorrelieren als es bei künstlichen Objekten der Fall ist (vgl. dazu Tyler et al. 2000).

Die drei letztgenannten Studien zeigen eine Dissoziation zwischen den Domänen *natürlich* vs. *künstlich* auf. In den meisten Fällen sind die Stimuli dieser Domänen auch der Dissoziation *sensorisch* vs. *funktional* zuzuordnen. Diese Dissoziation findet sich häufig in aphasischen Patienten oder Demenzpatienten wieder. Die Beobachtungen sprechen für eine Unterteilung des semantischen Netzwerkes in zwei Systeme; die Ebene, auf der diese potenzielle Gliederung stattfinden könnte – kognitiv oder auf Ebene der Produktion – ist weitestgehend ungeklärt.

Lambon Ralph et al. (1998) stellen folgende Fallstudie dar: Ein Patient (Demenz vom Alzheimer Typ) war stark beim Benennen belebter Objekte beeinträchtigt, konnte jedoch visuelle und funktionale Eigenschaften von Objekten (aller Kategorien) benennen. Ein weiterer Patient mit semantischer Demenz konnte hingegen nicht die visuellen (sensorischen) Eigenschaften von Objekten nennen, hatte aber kein Defizit beim Benennen belebter Objekte, sondern bei Benennen unbelebter Objekte (Lambon Ralph et al. 1998: 311). Eine semantische Demenz ist eine Form der frontotemporalen Demenzen und beschreibt eine polare und inferolaterale temporale Atrophie. Sie zeichnet sich durch den Verlust des Agierens mit semantischen Informationen sowie mit der Wortform eines Objekts aus (Hartje 2002:427). Nach dem sensorisch/funktionalen Ansatz von Warrington und Shallice (1984) sind belebte Objekte stark durch visuelle, bzw. sensorische Merkmale repräsentiert, wohingegen unbelebte Objekte sich durch Unterschiede in den funktionalen Merkmalen voneinander unterscheiden (vgl. Überblick in Tyler & Moss 2001, Thompson-Schill et al. 1999, Caramazza 2000). Demnach müssten Benenndefizite für belebte Objekte aus einer Störung des Wissens über sensorische Informationen hervorgehen und umgekehrt. Lambon Ralph et al. (2001) konnten das jedoch mit dieser Studie widerlegen. Sie begründen die vorliegenden Dissoziationen durch eine Desintegration der vorhandenen Wissenskonzepte (Lambon Ralph et al. 1998: 331f), d.h. die Verbindungen zwischen den einzelnen semantischen Informationen sind nach einer Störung geschädigt, so dass sich keine Assoziationen (i.S.v. Verknüpfungen einzelner Merkmale) mehr einstellen können.

Capitani et al. (2003) stellen ebenfalls den Zusammenhang zwischen semantischem Wissen und kategoriespezifischen Defiziten in Frage. Sie beschreiben mit ihrer Studie über einen Schlaganfallpatienten Zugriffsstörungen in Abhängigkeit der Modalität. Beim Benennen von Bildern verschiedener Stoffbezeichnungen und Kollektiva (z.B. Öl, Wein, Milch, Sägemehl, Holz, vgl. hierzu Borgo und Shallice

2001) zeigte der Patient relativ schlechte Leistungen für die Objekte, die der Domäne *belebt* zugeordnet werden können (z.B. Haut, Gras, Domäne der belebten Objekte sowie der stark sensorisch repräsentierten Objekte. Beim Benennen nach Definition zeigte der Patient jedoch wesentlich bessere Leistungen für stark sensorisch repräsentierte Objekte, wohingegen die Leistungen für das Benennen belebter Objekte ebenso schlecht waren (Capitani et al. 2003: 230, Laiacona, Capitani & Caramazza 2003:227). Damit können sie einen weiteren Hinweis gegen die sensorisch/funktionale Theorie nach Warrington und McCarthy (1983) liefern. Laut dieser Theorie resultiert gerade eine Störung des Abrufs sensorischer Informationen in einem Verarbeitungsdefizit der belebten Objekte (Warrington & McCarthy 1983), die sich in allen Modalitäten zeigt. Hier ändern sich die semantischen Leistungen jedoch in Abhängigkeit vom Material.

Um die Daten der Untersuchungen an Patienten mit semantischen Defiziten in die neurolinguistischen Erklärungssätze einzufügen, bedarf es einer genauen Betrachtung der vorliegenden Störung bezüglich der Art des gestörten Wissens (sensorisch/perzeptuell vs. funktional/assoziativ) sowie der Störung der semantischen Domäne. Fasst man die Störungsbilder zusammen und betrachtet dabei sowohl das semantische Domänendefizit wie auch die Art des gestörten semantischen bzw. konzeptuellen Wissens (sensorisch/perzeptuell und funktional/assoziativ), so kann man beobachten, dass folgende Störungsmuster auftreten: Patienten mit semantischen Defiziten für die Domäne der *natürlichen* Objekte können ein Defizit bei der Verarbeitung ausschließlich des sensorischen Wissens oder sowohl des sensorischen als auch des funktionalen Wissens haben. Patienten mit Störungen der Domäne *künstlich* können in den beobachteten Fällen beide Arten des semantischen Wissens (sensorisch/perzeptuell und funktional/assoziativ) gleichermaßen schlecht verarbeiten, hier ist kein Ungleichgewicht in der Verarbeitung zwischen den beiden Arten bekannt (Capitani et al. 2003:221f). Dabei sind in drei Vierteln aller Fälle natürliche Kategorien gestört und zu einem Viertel die Kategorie der künstlichen Objekte (Capitani et al. 2003:216). Diese Reanalysen der vorliegenden Studien sprechen deutlich gegen die SFT, d.h. es besteht kein Zusammenhang zwischen der Art des semantischen Wissens (sensorisch/perzeptuell vs. funktional/assoziativ) und der betroffenen Kategorie oder Domäne. Nach der SFT sind bei Verarbeitungsdefiziten der Domäne *natürliche Objekte* nur die sensorischen semantischen Wissensinhalte gestört. Betrachtet man jedoch die einzelnen

Fallstudien, so zeigen die Untersuchungen eine andere Lage: bei diesen Verarbeitungsdefiziten sind in der Regel sowohl die sensorischen/perzeptuellen als auch die funktionalen/assoziativen semantischen Merkmale der natürlichen Objekte nicht mehr korrekt abrufbar. Eine weitere Vorhersage der SFT ist die Abhängigkeit der Kategorien *Tiere*, *Pflanzen*, *Obst* und *Gemüse* sowie *Getränke* und *Flüssigkeiten* untereinander. All diese Kategorien sind stark sensorisch repräsentiert. Das würde nach der SFT bedeuten, dass diese Kategorien bei einer Störung des visuellen Systems, die mit einem Abrufdefizit sensorischer Informationen einhergeht, gleichermaßen Verarbeitungsdefizite aufweisen müssten. Die Studien von Hanley, Young und Pearson (1989) oder Samson, Pillon und De Wilde (1998) belegen jedoch durch die Darstellung der selektiven Störbarkeit jeweils einer dieser Kategorien in Verbindung mit Verarbeitungsstörungen beider Arten semantischen Wissens (sensorisch/perzeptuell vs. funktional/assoziativ), dass dem nicht so ist.

Capitani et al. (2003:227) können aufgrund der Betrachtung der Fallstudien weiter zusammenfassen, dass es nur drei Kategorien gibt, deren Verarbeitung durch hirnrnorganische Verletzungen selektiv gestört sein kann: belebte biologische Objekte (z.B. Tiere in der Fallstudie von Carbonnel et al. 1997), unbelebte biologische Objekte (z.B. Obst und Gemüse in der Fallstudie von Hart, Berndt & Caramazza 1985) und künstliche Objekte (z.B. Werkzeuge in der Fallstudie von Breedin, Martin & Saffran 1994). Diese Einteilung ist am ehesten durch den domänenspezifischen Ansatz (Caramazza & Shelton 1998) zu erklären, der von einer evolutionsbedingten Unterteilung des semantischen Systems ausgeht, in dem alle Arten des semantischen Wissens gleichermaßen für semantische Kategorien wichtig sind und es nur wenige "echte" Kategorien, wie Tiere, Obst und Gemüse und künstliche Objekte, gibt deren Unterscheidung überlebenswichtig war.

Zusammenfassend lässt sich durch das Betrachten der Fallbeispiele sagen, dass die Domäne *natürliche Objekte* selektiv und unabhängig von anderen Kategorien nach Hirnschädigung gestört sein kann. Weiterhin lässt sich diese Domäne scheinbar weiter aufspalten in belebte und unbelebte natürliche Objekte, da auch für diese Unterklassen Studien über selektive Defizite vorliegen (z.B. Tiere in der Fallstudie von Caramazza & Shelton 1998 und Gonnermann et al. 1998). Außerdem zeigen die Studien, dass in fast allen Fällen das sensorische/perzeptuelle und das

funktionale/assoziative Wissen von Kategorien gleichermaßen von der Störung betroffen ist (vgl. Capitani et al. 2003:230).

Strukturbasierte Ansätze (z.B. OUCH, Caramazza et al. 1990) nehmen zwar bei einem semantischen Defizit auch kein Ungleichverhältnis zwischen sensorischem/perzeptuellem vs. funktionalem/assoziativem Wissen an, können jedoch auch nicht erklären, wie es zu selektiven Ausfällen einer einzelnen Kategorie kommen kann, wie sie z.B. von Shelton, Fouch und Caramazza (1998) beschrieben werden. Nach der OUCH beispielsweise müsste eine ganze Domäne (z.B. natürliche Objekte) gestört sein, denn die Vorhersage dieser Hypothese ist es, dass stark interkorrelierende Merkmale störungsanfälliger sind, nicht aber, dass diese Störungen zu einzelnen Ausfällen führen kann. Der domänenspezifische Ansatz nach Caramazza und Shelton (1998) sagt hingegen einen evolutionär begründeten Sonderstatus der Domäne *belebte Objekte* voraus. Wie aus den meisten aphasiologischen Fallstudien ersichtlich ist, ist zwar die Domäne der belebten Objekte häufiger gestört als andere Domänen, jedoch kann auch dieser Ansatz nicht erklären, wie es zu selektiven Ausfällen einer einzelnen Kategorie kommt.

Betrachtet man die drei großen Richtungen der neurolinguistischen Theorien vor dem Hintergrund der dargestellten Fallbeispiele, so kann keine der Theorien die semantischen Defizite befriedigend erklären. Laut Caramazzas Theorie der evolutionär adaptierten Kategorien (Caramazza & Shelton 1998) müssten sowohl die sensorisch/perzeptuellen als auch die funktional/assoziativen Attribute einer gestörten Kategorie nicht abrufbar sein. Darüber hinaus können auch nur bestimmte, während der Evolution adaptierte Kategorien verarbeitungsgestört sein. Verschiedene Fallstudien widerlegen diese Theorie jedoch (s. z.B. Rosazza 2003:199).

5. Elektrische Hirnaktivität beim Menschen

5.1 Physiologische Grundlagen

Großhirnrinde (Zerebraler Kortex, Cortex cerebri)

Die Großhirnrinde umschließt das Großhirn (Cerebrum), das mit dem Kleinhirn (Cerebellum), dem Hirnstamm (Truncus cerebri) und dem Rückenmark (Medulla spinalis) das zentrale Nervensystem (ZNS) bildet. Das gesamte ZNS besteht aus ca. 100 Milliarden (10^{11}) Nervenzellen, die durch ca. 10 Billionen synaptische Verbindungen miteinander zusammengeschlossen sind (Müller 2003:58). Die Großhirnrinde ist sehr stark gefaltet und bildet so Gyri und Sulci, sowie größere Furchen, die Fissurae. Diese Faltenbildung erlaubt es, das Gehirn anatomisch in verschiedene Regionen einzuteilen: Frontallappen, Temporallappen, Parietallappen und Okzipitallappen. Durch die Faltenbildung verdoppelt sich die Oberfläche und die Anzahl der Neuronen im Vergleich zu der glatten Oberfläche einer gleichgroßen Kugel (Schmidt & Schaible 2001:10f). Nach dem Prinzip der neurologischen Spezifität kann man verschiedenen Großhirnrindearealen kognitive Funktionen zuordnen (Springer & Deutsch, 1998:138). Die Großhirnrinde besteht zum größten Teil aus Nervenzellkörpern. Der Großhirnrinde hat eine Dicke von ca. 2,5 bis 4 mm und insgesamt eine Neuronendichte von ca. einer bis zehn Milliarden (10^9 - 10^{10}) sowie ein Volumen von ca. 600 cm^2 . Alle Neurone sind durch afferente und efferente Fasern verbunden, die von der Anzahl weitestgehend gleich sind (Schmidt & Schaible 2000:8ff).

Die Großhirnrinde wird neuroarchitektonisch in sechs verschiedene Schichten eingeteilt. Diese Einteilung ist aufgrund der verschiedenen Fasereigenschaften sinnvoll. In den obersten Schichten (erste bis dritte Schicht) befinden sich fast ausschließlich kortikokortikale Faserverbindungen, in der vierten Schicht liegen die Zellen, die Afferenzen aus dem Thalamus aufnehmen, die fünfte Schicht besteht vorzugsweise aus Neuronen, die Efferenzen in weiter entfernte Teile des Gehirns schicken und in der sechsten Schicht befinden sich die Neurone, die dem Thalamus Informationen schicken (Schmidt & Schaible 2000:11).

Innerhalb der Großhirnrinde sind die Neurone durch sehr kurze Verbindungen, die Axonkollateralen, direkt verbunden. Weiterhin sind die Neurone der Großhirnrinde durch ipsilateral verlaufende Fasern miteinander verknüpft. Diese stellen die Verbindungen zu entfernt liegenden Hirnrindengebiete dar und werden Assoziationsfasern genannt. Sie verbinden die verschiedenen Hirnareale innerhalb einer Hemisphäre miteinander und bilden mit ca. einer Milliarde (10^9) den größten Teil der weißen Substanz (Schmidt & Schaible, 2001:10). Des weiteren liegen in der weißen Substanz ca. 100 Millionen (10^8) Kommissurenfasern, die homologe Rindengebiete der kontralateralen Hemisphäre miteinander verbinden. Bis auf Teile der primären Sehrinde sind alle Großhirnrindenareale durch den Balken (Corpus callosum) sowie die vordere Kommissur miteinander verbunden. Es liegen ca. 100 Millionen (10^8) Kommissurenfasern in der weißen Substanz. Neben den Kommissurenfasern gibt es noch ca. 10^7 efferente Fasern, die Großhirnrindengebiete über die Brücke (Pons) mit dem Kleinhirn sowie subkortikalen Strukturen wie dem Thalamus und den Basalganglien verbinden (Schmidt & Schaible, 2001:10).

Etwa 85 % der in der Großhirnrinde befindlichen Neurone sind Pyramidenzellen, die weiteren 15 % sind Sternzellen (bzw. Nicht-Pyramidenzellen). Sie unterscheiden sich in ihrem Bau und ihrer Funktionsweise voneinander, aber auch innerhalb der beiden Gruppen gibt es Unterschiede in der Größe und der Art der Verzweigung. Sternzellen sind aufgrund ihrer sehr dicht verästelten Axonkollateralen für die Informationsübertragung nah beieinander liegender Zellen verantwortlich, während die Axone der Pyramidenzellen zwar auch Informationen nah benachbarter Neurone verarbeiten, aber auch über sehr weite Entfernungen (z.B. von der Großhirnrinde bis zum Rückenmark) arbeiten. Weiterhin unterscheiden sich die beiden Zellarten von ihrer Funktion voneinander. Während Pyramidenzellen erregend sind, ist der größte Teil der Sternzellen hingegen hemmend (Duus 1995:42f, Schmidt & Schaible, 2001:12f).

Der größte Teil der Informationsübertragung in der Großhirnrinde erfolgt über die synaptischen Verschaltungen zwischen den Pyramidenzellen. Den Hauptanteil dieser Synapsen bilden die Dornensynapsen, die die Pyramidenzellen miteinander verbinden. Aus diesen komplexen Verschaltungen bilden sich im Laufe der Entwicklung durch sich ständig wiederholende Erregungsübertragung Zellverbände, deren synaptische Verschaltung sehr stark ist. Somit können sich Korrelationen zwischen bedeutungsvollen Inhalten und spezifischen Erregungsmustern bilden.

Zellverbände entstehen in der Sprachentwicklung z.B. dann, wenn ein wiederholter Input und Output von Information stattfindet. Daher wird die Großhirnrinde auch als assoziativer Speicher bezeichnet. Des Weiteren sind die Synapsen der Pyramidenzellen plastisch, was den Neuronen erlaubt, vielfach in verschiedenen Zellverbänden mitzuarbeiten. Die hemmenden Sternzellen hingegen berichtigen die Erregungsabläufe, die die exzitatorischen Pyramidenzellen verursachen. Durch diese stark verzweigten Neuronenverbände kann das Wissen, was der Mensch im Laufe seiner Entwicklung erlernt, gespeichert und zum Denken genutzt werden (Schmidt, Thews & Lang, 2000:130ff.). Eine Aktivierung von einem solchen Zellverband (Ignition) tritt bereits dann auf, wenn nur ein Teil dieses Ensembles aktiviert wird. So wird z.B. bei einem sprachlichen sinnvollen Reiz ein Zellverband aktiviert, der die Bedeutung und Verwendung dieses Reizes repräsentiert, bei einem Pseudowort hingegen jedoch nicht, d.h. es findet keine Ignition statt.

Die moderne Hirnforschung geht davon aus, dass Zellverbände die Basis für die Verarbeitung höherer kognitiver Funktionen bilden (Pulvermüller 1999a:253)

Bau und Funktion der Neurone

Die Nervenzelle (Neuron) ist die fundamentale Einheit des menschlichen Organismus. Im Allgemeinen besteht die Aufgabe der Neurone darin elektrische Impulse weiterzuleiten. Im Speziellen ist die Funktion der Neurone sehr viel komplexer und soll im Folgenden vereinfacht dargestellt werden.

In seinem Grundaufbau besteht das Neuron aus einem Zellkörper (Soma), und zwei Fortsätzen: dem Axon und den Dendriten. Das Axon tritt als Verlängerung aus dem Soma aus und bildet Kollaterale, die sich wiederum mit weiteren Axonkollateralen benachbarter Neurone verbinden. Dendriten treten mehrfach (i.S.v. viele Dendriten aus einem Zellkörper vs. ein Axon aus einem Zellkörper) aus dem Zellkörper aus und verzweigen sich stark. Dendriten haben einen stärkeren Durchmesser als Axone, sind meist nicht myelinisiert und sie sind kürzer als Axone. Die Aufgabe der Dendriten besteht darin, Informationen (in Form von Erregung) zu detektieren und an das Soma weiterzuleiten. Das Axon transportiert diese Information in Form von Erregung vom Zellkern fort und gibt sie über die Kontaktstellen (Synapsen) weiter. Diese Synapsen können sowohl ihre Erregung direkt an das Soma (axo-somatische Synapse) als auch an Dendriten (axo-dendritische Synapsen) liefern. Erhalten die Dendriten Erregungen von benachbarten

Neuronen, so werden sie im Soma aufsummiert und bei der Überschreitung einer bestimmten Schwelle über das Axon an andere Zellen weitergeleitet. Dieses summierte Signal ist das Aktionspotential, welches nur zwei Ausprägungen hat, d.h. die Information wird in ein binäres Signal umgewandelt: Entweder reicht die Erregung aus und es entsteht ein Aktionspotential oder nicht. Im letzteren Fall wird es nicht ausgelöst, weil der Schwellenwert im Soma nicht erreicht wurde. Durch die Myelinisierung (Markscheidenbildung) der Axone ist eine völlige Isolierung gegeben und somit kann kein Informationsverlust stattfinden. Dadurch verliert das Aktionspotential bei der Übertragung nicht an Stärke (Schmidt & Schaible 2000:4-14).

Ruhepotential und Aktionspotential

Als Ruhepotential bezeichnet man den negativ geladenen Zustand innerhalb der Zellmembran gegenüber dem positiv geladenen Äußeren. Innerhalb der Zelle besteht so eine Überzahl an K^+ - gegenüber Na^+ - und Cl^- -Ionen, außerhalb der Zelle ist das Verhältnis umgekehrt: die Na^+ - und Cl^- -Ionenkonzentration ist hoch im Vergleich zur niedrigen K^+ -Ionenkonzentration. Der elektrische Unterschied zwischen dem Zellinneren und Zelläußeren beträgt ca. 80mV (Cooper, Osselton & Shaw 1984:6). Jede Nervenzelle ist von einer Zellmembran umschlossen, die aus einer Lipiddoppelschicht zweier verschiedener Moleküle besteht. Die eine Schicht der Moleküle ist hydrophil, die andere hydrophob, wobei die hydrophilen Seiten dem Wasser zugekehrt sind. Durch besonderen Eigenschaften dieser Moleküle werden viele Ionen gehindert zu diffundieren. Die Membranen haben einen elektrischer Widerstand. Die Zellmembran ändert durch Diffusion von positiv geladenen Kaliumionen (K^+) ihre Eigenschaften. Positiv geladenen Kaliumionen (K^+) diffundieren, weil eine ungleiche Ionenkonzentration innerhalb und außerhalb der Zelle existiert, die ausgeglichen werden soll. Diffundieren die positiv geladenen Kaliumionen (K^+), so wird dem Zellinneren die positive Ladung genommen und es lädt sich negativ auf. Dadurch diffundieren weniger positiv geladene Kaliumionen (K^+) und es fließt die gleiche Menge von K^+ -Ionen in die Zelle hinein und aus der Zelle heraus. So entsteht ein Fließgleichgewicht (Zschocke 1995:3-8).

Ein Auslöser dieser Potentialverschiebung kann ein elektrischer Impuls an der Membran sein, der die Durchlässigkeit für bestimmte Ionen verändert und somit eine Veränderung des Potentials mit sich bringt. Diese zelläußeren Veränderungen

werden Reiz genannt. Wenn die Ladungen zu gleich werden, was bereits bei einer positiven Ladungsverschiebung ab 20 mV im Zellinneren geschieht (Depolarisationsphase), kommt es zum Aktionspotential. An dieser Schwelle ändert sich also das Gleichgewicht der Ionenströme durch die Membran. Es findet durch zusätzliche Ionenströme durch die Membran eine Depolarisation statt und es kommt zum Zustand der Erregung, dem Aktionspotential. Aktionspotentiale gehen also immer mit Aktivität einher. Dieser Vorgang dauert bei Nervenzellen ca. 1 ms (Schmidt & Schaible 2000:36). Nach diesem Erregungszustand kommt zunächst die Phase der Repolarisation, in der die Zelle wieder ihr Ruhepotential einnimmt, anschließend tritt eine Refraktärphase von ein bis zwei ms ein, in der das Neuron nicht erregbar ist. Diese Phase dient der Frequenzbegrenzung von Aktionspotentialen (Birbaumer & Schmidt 1996:107ff, Kandel, Schwartz & Jessell 1995:32ff).

Weiterleitung der Aktionspotentiale

Das Aktionspotential wird vom Zellinneren über das Axon weitergeleitet. Das Axonende ist so die präsynaptische Nervenendigung, die über den synaptischen Spalt mittels Überträgerstoffen das Potential an die postsynaptische Nervenzelle weitergibt. Durch den Eintritt der Überträgerstoffe ändert sich wiederum das Membranpotential der postsynaptischen Nervenzelle und es öffnen sich neue Ionenkanäle. Durch dieses Prinzip gelangt die Information von Zelle zu Zelle. Man unterscheidet bei dieser Übertragung hemmende (IPSP = inhibitorische postsynaptische Potentiale) von erregenden (EPSP = exzitatorisches postsynaptisches Potential) Potentialen. Die IPSP bewirken eine Potentialänderung in den negativen Bereich der postsynaptischen Zelle, so dass eine Entladung gehemmt wird. Bei den EPSP wird die Entladung durch die Veränderung des postsynaptischen Potentials in positive Richtung gefördert (Cooper, Osselton & Shaw 1984:6ff.). Nur die Summe vieler EPSP kann eine Erregung auslösen.

Diese Spannungsunterschiede in den Zellen können im EEG anhand der Frequenz (Variation zwischen 0,5 und 30 Hz) und der Amplitude (Variation zwischen 1 und 200 μ V) gemessen werden.

5.2 Grundlagen des EEG

Das EEG ist ein Funktionsmaß für hirnelektrische Aktivität und ermöglicht uns, die Erregungszustände größerer Zellverbände in der Hirnrinde zu beobachten (Schandry 1996:216). Werden diese Erregungszustände dann zeitlich mit kognitiven oder psychischen Ereignissen verbunden, so lässt die Hirnaktivität Rückschlüsse auf die neuronale Verarbeitung dieser Phänomene (kognitive und psychische Ereignisse) zu (Rösler 1982:1f). Das Gehirn produziert je nach Zustand verschiedene Spannungsänderungen, die sich in Frequenz und Amplitude unterscheiden. Die Frequenz schwankt zwischen 0 und 40 Hz, die Amplitude zwischen 10 und 40 Mikrovolt. Nach der ersten Erforschung der Darstellung hirnelektrischer Phänomene durch den Briten Richard Caton (*1824 †1926) um 1875 und der bereits detaillierten Darstellung des menschlichen EEG durch Hans Berger (*1873 †1941) 1929 ist nun eine flächendeckende Nutzung des EEG für Forschungs- und Diagnostikzwecke möglich (vgl. Brazier 1961, Cacioppo, Tassinari & Berntson 2000, Niedermeyer & Lopez da Silva 2002).

Evozierte Potentiale

"Alle einem modalitätsspezifischen Reiz bzw. einer elektrischen Stimulation sensibler Afferenzen folgenden Reizantworten werden unter dem Begriff *Evozierte Potentiale* subsumiert" (Stöhr 1996:1).

Synonym zu dem Begriff *evozierte Potentiale* spricht man auch von *ereigniskorrelierten Potentialen* (= EKP, englisch: event related potentials = ERP). ERP sind zeitlich auf einen Stimulus bezogene Reaktionen des Hirns (brain responses), d.h. sie treten kaum spontan auf (Skrandies 1999:438). Die Stimulation kann sensorisch (auditiv oder visuell), motorisch, mental (Erinnerung) oder über die Auslassung eines Stimulus bzw. unerwartete Pausen zwischen zwei Stimuli erfolgen. ERP entstehen durch Spannungsveränderungen/Potentialschwankungen innerhalb kortikaler und subkortikaler Neuronenverbände des Hirns, die auf der Kopfhaut abgeleitet werden können (Rösler 1982:6). Evozierte Potentiale können bis zu 500 ms lang sein (Schandry 1996:221).

Evozierte Aktivität ist von Spontanaktivität zu unterscheiden. Die evozierte Aktivität ist entscheidend für die Untersuchung phasischer Prozesse und ist schwächer in der Amplitude. Sie bewegt sich nur zwischen 0,5 und max. 20 μV und muss vom Spontan-EEG extrahiert werden. Im online-EEG können daher ERP nicht unmittelbar erkannt werden, weil sich Spontanaktivität und evozierte Aktivität überlagern (Rösler 1982:11).

Je nach Modalität des Inputs (akustisch, somatosensorisch, visuell) entstehen ebenfalls evozierte Potentiale in dem entsprechenden kortikalen Projektionsfeld. Visuell evozierte Potentiale beispielsweise befinden sich okzipital und ermöglichen eine Untersuchung des zentralen Sehnervs.

Die Messung von ereigniskorrelierten Potentialen hat den Vorteil, dass sie – anders als beispielsweise Reaktionszeitmessungen – nicht auf die bewusste Reaktion der Versuchsperson angewiesen ist und überdies unabhängig von der Aufmerksamkeit ist (Zschocke 1995:42). Außerdem ist eine Analyse der Verarbeitung der jeweiligen Aufgabe durch mehrere Parameter möglich. Die ERP-Analyse ermöglicht über die Analyse der Zeit (Latenz) eine Beurteilung der Reaktion auf einen Stimulus durch die Polarisierung (positiv/negativ), die Höhe der Amplitude und der (zumindest groben) neuroanatomischen Lokalisation.

Unabhängig von der Reizmodalität zeigt sich ein so genannter N1-P2-Komplex (Rösler 1982:19). Dieser Bezeichnet die Negativierung um 100 ms nach Wortbeginn (N100) und die Positivierung um 200 ms nach Wortbeginn (P200), die ja nach Intensität der Stimuli verschieden sein kann (Friederici 1999:330f). Die Komponente um 200 ms kann auch eine Antworthemmung signalisieren. Sie wird bei Entscheidungsaufgaben (go/nogo) dann sichtbar, wenn genügend Information rezipiert wurde, um die Antwortentscheidung zu treffen (Schmitt et al. 2004:6).

Kutas und Hillyard (1980) entdeckten erstmals den Zusammenhang zwischen der N400-Komponente und sprachlicher Verarbeitung. Als N400 wird die Negativierung um 400 ms nach Wortbeginn, zumeist beobachtbar zwischen 300 und 600 ms nach Wortbeginn, beschrieben (Friederici 1999:331). In der Studie von Kutas und Hillyard (1980) konnte erstmals beschrieben werden, dass sich die Amplitude ca. 400 ms nach Wortbeginn des letzten Wortes im syntaktisch korrekten Satz sich je nach semantischer Kongruenz änderte (Kongruenz entschied sich erst beim letzten Wort im Satz). Die Höhe der N400 stieg mit der semantischen Anomalie der Endwörter (vgl. Abb. 9). Die N400 korreliert demnach stark mit der Aktivierung der

semantischen Informationen bzw. der semantischen Integration (Kutas & Hillyard 1980, Kutas & Van Petten 1994, vgl. Friederici 1997:64).

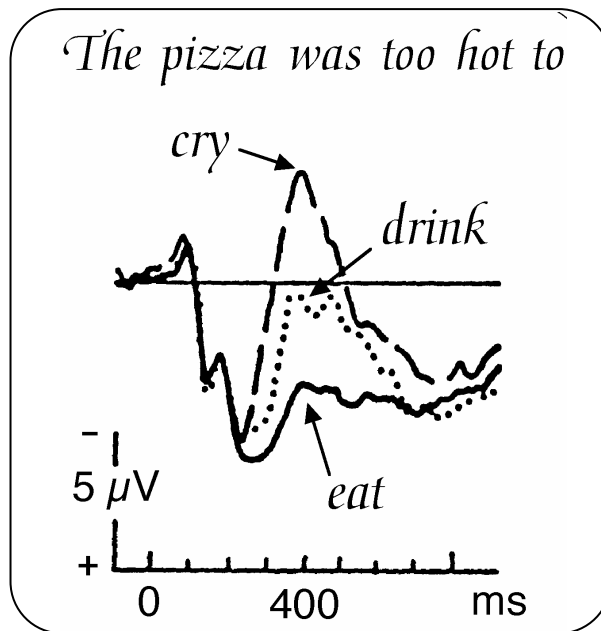


Abb. 9: Ein Beispiel einer N400-Komponente, hervorgerufen durch semantische Inkongruenz (Kutas & Van Petten 1994)

Als weitere Komponente wird z.B. die N300 bzw. P300 beschrieben. Diese Komponente spiegelt u.a. die Art der motorischen Planung ca. 300 nach Wortbeginn wider. Das so genannte lateralisierte Bereitschaftspotential (LBP) wird dann ausgelöst, wenn die Informationsmenge ausreicht, eine motorische Reaktion auslöst (z.B. Drücken eines Knopfes bei Bejahen einer Frage). Bei richtigen Antworten ist das LBP negativ, bei falschen positiv (Schmitt et al. 2004:60).

Es werden noch weitere kognitive Korrelate der Hirnaktivität zur Beschreibung der zeitlichen Verarbeitung herangezogen, wie z.B. sehr frühe Potentiale (in den ersten 10 ms nach Reizbeginn, nicht kortikaler Genese), die hier nicht weiter beschrieben werden sollen (vgl. Rösler 1982:16ff).

Frequenzbänder

Frequenzbänder bezeichnen die im EEG bevorzugt vorkommenden Frequenzbereiche. Die Einteilung des EEG in Frequenzbänder ist sinnvoll, weil mit den unterschiedlichen hirnelektrischen Frequenzen unterschiedliche kognitive Prozesse und Bewusstseinszustände beschreibbar sind. Die Frequenzbänder unterscheiden sich in Amplitude und Frequenz.

Die folgenden Abbildung beschreiben die Frequenzbereiche der Bänder und ihr physikalisches Erscheinen sowie ihre dazugehörigen mentalen Zustände.

Wellentyp, Frequenzbereich/Hz	Amplitudenbereich, Region des stärksten Auftretens	Rhythmische EEG-Aktivität und Aktivierungszustände ¹	Charakteristische Verhaltenszustände bei Biofeedback von EEG-Wellen ²	Steigerung (+) bzw. Senkung (-) der Amplitude und Grundaffekte ³
Beta 14 – 30	2 – 20 präzentral, frontal	Desynchronisierte EEG-Phasen, mentale oder körperliche Aktivität, psychische Belastung	Erstaunen, Erregung, Liebe, Hunger, Sorge, Anspannung, Wachsamkeit, Angst, Zorn	- Katatonie, Trauer, Angst, Intention, Freude + Wut (Schmerz), Epilepsie
Alpha 8 – 13	5 – 100 okzipital, parietal	Entspannter Wachzustand, synchronisierte EEG-Phasen, reizarme Umgebung	Relaxation, Ruhe, Gedankenklarheit, Vergnügen	- Katatonie, Trauer, Angst + Intention, Freude, Wut (Schmerz), Epilepsie
Theta 5 – 7	5 – 100 frontal, temporal	Tiefe Entspannung, Meditation, dösender Wachzustand (kurz vor Einschlafen), Traurigkeit, Niedergeschlagenheit	Unbestimmtheit, Pläne, Gedankenwechsel, Lösung technischer und alltäglicher Probleme, "Wachträumen"	- Katatonie, Trauer, Freude + Angst, Intention, Wut (Schmerz), Epilepsie
Delta 0,5 – 4	20 – 200 variabel	Phasen des Tiefschlafs	-	- Katatonie, Trauer, Angst, Intention + Freude, Wut (Schmerz), Epilepsie

Abb. 10: EEG-Wellentypen, Aktivierungsniveaus und Affektzustände. Aus: <http://www.erzwiss.uni-hamburg.de/personal/hoffmann/texte/eeg-spektren/EEG-Spektren.htm> [2.6.2005]

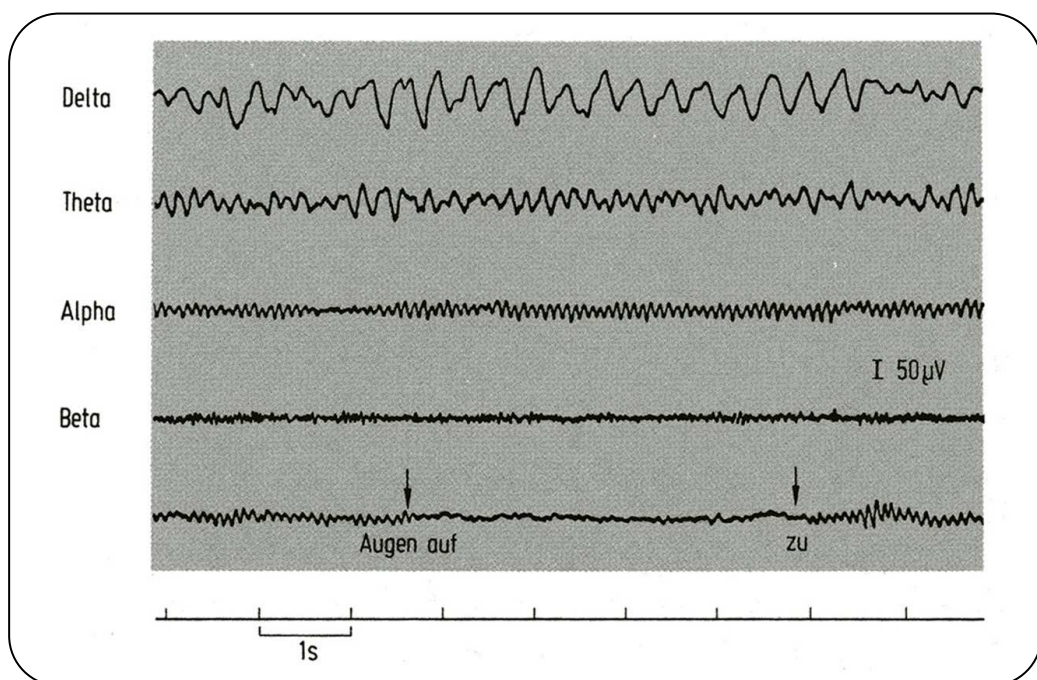


Abb. 11: Die verschiedenen Wellentypen (Schandry 1996:219).

Das 10/20-System nach H. H. Jasper (1958)

Das 10/20-System wurde 1949 entwickelt, um eine Konvention in der elektroenzephalografischen Diagnostik einzuführen, ohne die eine einheitliche Diskussion um EEG-Daten nicht möglich ist. Die Kriterien, die an das System gestellt wurden, waren, dass die Elektrodenplatzierungen relativ zur Kopfgröße und -form bemessen wurden und dass die Elektrodendichte hoch genug ist. Des weiteren sollten die Bezeichnungen der Elektroden auf die Namen der Hirnregionen (frontal, temporal, parietal und okzipital) hinweisen, damit Ergebnisse auch für Laien verständlicher waren.

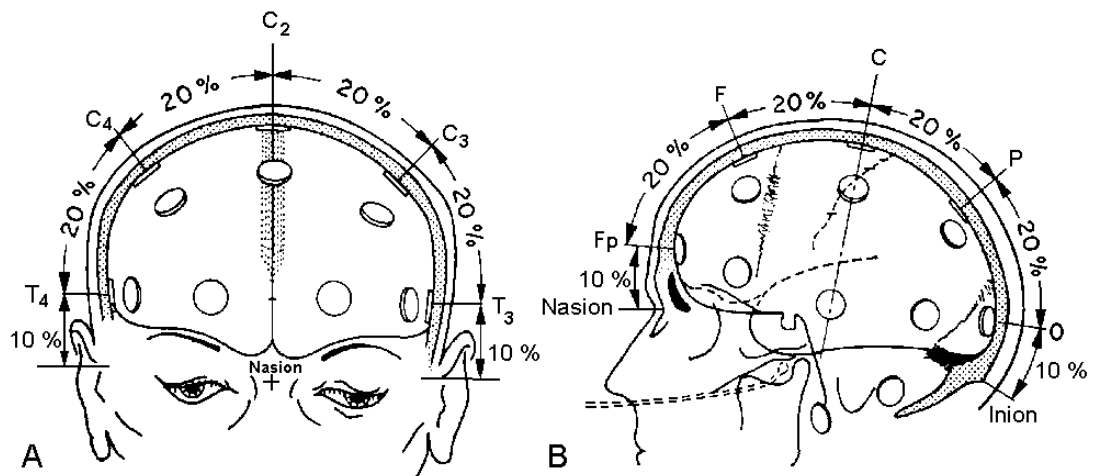


Abb. 12: Das 10/20 System von Jasper (1958).

6. Resümee und Forschungsfragen

Der folgende Abschnitt liefert eine kurze Zusammenfassung der im theoretischen Teil dieser Arbeit diskutierten linguistischen und neurolinguistischen Ansätze zur Struktur und Organisation des semantischen Wissens. Aus diesen theoretischen Annahmen sowie den psycho- und neurolinguistischen Fallbeschreibungen werden die dieser Arbeit zugrundeliegenden Forschungsfrage abgeleitet.

6.1 Resümee

Die Kategorisierung von Objekten unserer Umwelt, deren Benennungen sowie deren semantischen Informationen scheint aus ökonomischen Gründen sinnvoll zu sein. Psycho- und neurolinguistische Untersuchungen an Sprachgesunden sowie an Aphasikern unterstützen die Annahme, dass semantisches Wissen uneinheitlich repräsentiert ist. Die semantische Einteilung in verschiedene Kategorien, Domänen und Hierarchien ist folglich nicht nur rein theoretisch begründet sondern zeigt sich auch in psycho- und neurolinguistischen Experimenten.

Linguistische Erklärungsansätze können bislang nicht ausreichend erklären, wie das semantische Wissen auf neuronaler und kognitiver Ebene repräsentiert ist und verarbeitet wird. Vielmehr dienen Fallbeschreibungen aphasiologischer Patienten sowie neurophysiologische und psycholinguistische Untersuchungen an Sprachgesunden der Theoriebildung zur Organisation semantischer Informationen. Drei Hauptrichtungen der neurolinguistischen Erklärungsansätze postulieren entweder eine modalitäts- bzw. merkmalsabhängige Einteilung semantischen Wissens (funktionale und sensorische Informationen über Objekte und deren Benennungen), eine domänenspezifische Verteilung nach evolutionär entstandenen Kategorien (Tiere, Pflanzen, Werkzeuge) oder eine konzeptstrukturabhängige Organisation der semantischen Informationen. Die Ansätze unterscheiden sich außerdem in ihrer Vorstellung zur neuronalen Repräsentation der semantischen Informationen: Der modalitäts- bzw. merkmalsbasierte Ansatz sowie der domänenspezifische Ansatz postulieren eine neuronal diskrete Einteilung des semantischen Wissens, während der Ansatz einer konzeptstrukturabhängigen Organisation einen gemeinsamen Speicher für semantische Informationen annimmt, aus dem durch die Struktur der verschiedenen Wissenskonzepte über Objekte und

deren Benennungen (allgemeine und spezifische Merkmale) Kategorien und Domänen heraustreten. Letzterer geht also eher von einer kognitiven Einteilung des semantischen Wissens aus, wohingegen die ersten beiden Ansätze von einer Einteilung des semantischen Wissens ausgehen, die bereits auf neuronaler Ebene beginnt.

Die selektive Störbarkeit verschiedener Kategorien und Domänen ,wie sie bei aphasischen Patienten vorkommt sowie die neurophysiologischen Untersuchungen belegen eine diskrete Organisation des semantischen Wissens. Ob diese Organisation allerdings bereits neuronal verankert ist, oder ob sie kognitiv aufgesetzt ist, ist noch weitestgehend ungeklärt.

6.2 Forschungsfragen

Aus Gründen der kognitiven Sparsamkeit von Sprachverarbeitungsprozessen ist es notwendig, die große Menge semantischer Informationen zu organisieren. Psycho- und neurolinguistische Untersuchungen zeigen, dass semantisches Wissen über Objekte und deren Benennungen je nach Kategorie oder Domäne unterschiedlich verarbeitet wird. Aphasiologische Fallstudien unterstützen die Hypothese, dass semantisches Wissen uneinheitlich repräsentiert ist.

Die durchgeführte Untersuchung soll einen weiteren Hinweis auf die Binnenstruktur des semantischen Systems liefern. Daraus resultieren folgende Forschungsfragen:

1. Evozieren semantische Domänen unterschiedliche ERP-Verläufe in der visuellen bzw. auditiven Präsentation?
2. Haben die getesteten Domänen eine kognitive Realität oder sind sie rein semantisch-theoretisch zu begründen?

Die linguistische Herleitung dieser Fragen erfolgte in dem theoretischen Teil. Das Experiment, in dem diese Fragen beantwortet sollen, sowie die Diskussion der Ergebnisse, werden im folgenden Teil der Arbeit dargestellt.

III. EXPERIMENTELLER TEIL

7. Material und Methode

Neben der theoretischen Ausführung der Kategorisierungsproblematik sowie der Darstellung der aktuellen Literatur zu dieser Fragestellung stellt die experimentelle Untersuchung zur kognitiven Realität semantischer Domänen in dieser Arbeit den Schwerpunkt dar.

In dem Kapitel wird die Entstehung und Editierung des akustischen und visuellen Stimulusmaterials sowie der Versuchsaufbau und -ablauf geschildert. Die Methode der EEG-Ableitung wird ebenfalls detailliert beschrieben.

7.1 Gegenstand der Untersuchung

Das Experiment gliedert sich in zwei Teile:

1. die rezeptive Verarbeitung von Nomen bei der akustischen Präsentation von Wörtern und
2. die produktive Verarbeitung von Nomen bei der visuellen Präsentation von Bildern.

Das gesamte Stimulusmaterial wurde nach linguistischen Kriterien ausgewählt, wobei das Hauptaugenmerk auf der Auswahl der semantischen Domänen und Hierarchien lag.

Mittels der akustischen Präsentation von Nomen soll vor dem Hintergrund der in dem Kapitel I.3. *Neurolinguistische Erklärungsansätze* dargestellten Theorien untersucht werden, ob verschiedene semantische Domänen und linguistische Hierarchien von Nomen in dem hier verwendeten Design unterschiedliche hirnelektrische Muster hervorrufen. Um diese potentiellen Aktivitätsunterschiede auch auf produktiver Ebene zu untersuchen, wurden die zu den Nomen passende Bilder dargestellt, die benannt werden sollten.

Während der gesamten Präsentation des Stimulusmaterials wurden die hirnelektrischen Signale mittels einer EEG-Messung erfasst.

7.2 Stimuli

In dem im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experiment wurden natürlichsprachliche Stimuli verwendet. Diese Stimuli sind in zwei große Gruppen einzuteilen: Nomina Konkreta, die akustisch dargeboten wurden sowie Bilder von konkreten Objekten, bzw. Objekte, die eindeutig durch konkrete Nomen beschrieben werden können.

Die Auswahlkriterien für die akustischen und die visuellen Stimuli waren die Wortfrequenz (hochfrequent) sowie die Silbigkeit (zweisilbig). Die weiteren Kriterien für die beiden Stimulusgruppen werden im Folgenden detailliert beschrieben.

Akustisch präsentierte Nomina konkreta

In dem Experiment wurden 280 natürlichsprachliche Konkreta in randomisierter Abfolge akustisch dargeboten. Dadurch soll die Verarbeitung konkreter Nomen, die sich in verschiedene Domänen einteilen lassen, untersucht werden.

Die akustisch präsentierten Nomen wurden unter anderem in Anlehnung an Snodgrass und Vanderwart (1980) sowie Pregel und Rickheit (1987) ausgewählt. Ein Kriterium für die Auswahl der Stimuli war die Wortfrequenz. Alle Nomen sind hochfrequent, was über die CELEX Datenbank (*The CELEX lexical database 1995*) und die Online-Version des Wörterbuchs Leipzig (<http://www.wortschatz.uni-leipzig.de>, [20.11.2002]) kontrolliert wurde. Weiterhin war die Silbigkeit (zweisilbig) und der Ursprung (deutsch) der Nomen ein Kriterium zur Auswahl der Stimuli. Ein weiteres zentrales Kriterium für die Auswahl des Stimulusmaterials war die Zugehörigkeit zu den zu untersuchenden semantischen Domänen. Objektbenennungen lassen sich semantisch nicht nur einer Domäne zuordnen. So sind z.B. die Stimuli der Domäne *funktional* auch *unbelebt*, *künstlich* und *nicht essbar* (und vice versa). Daher wurden die Stimuli nach ihrem primären Attribut ausgewählt. So enthalten die einzelnen Domänen prototypische Vertreter dieser Domäne. Um die Zahl der Stimuli auf das mögliche Maximum zu erhöhen, bestanden die Domänen zu 50% auf reinen Stimuli, d.h. die primär einer Domänen angehören, so wie es oben beschrieben wurde, und zu 50% aus Stimuli, die auch einer anderen Domäne zugeordnet werden können. So besteht die Domäne *essbar* zu 50% aus *rein essbaren* Nomen und zu 50% aus *essbaren* und *gemischt essbaren* und

sensorischen Nomen und die Domäne *natürlich* besteht zu 50% aus *rein natürlichen* und zu 50% aus *gemischt natürlichen* und *essbaren* Nomen. Somit setzte sich jede Domäne aus 30 Stimuli zusammen. Bei der Auswertung war lediglich die Gegenüberstellung zweier Domänen, die sich semantisch am unähnlichsten sind, von Belang, so dass die zweideutige Zuordnung keinen Einfluss auf die Ergebnisse hat.

Die nachstehende Tabelle (Tabelle 5) zeigt die Anzahl der Nomen in den einzelnen Domänen.

Tabelle 5: Die Anzahl der nach Domänen sortierten akustisch präsentierten Stimuli.

Domänenpaare	Anzahl Domäne 1	Anzahl Domäne 2	Anzahl Domäne 3
funktional*-sensorisch	20 (+10)	20 (+10)	-
essbar-nicht essbar	20 (+10)	20 (+10)	-
natürlich - künstlich	20 (+10)	20 (+10)	-
zählbar-nicht zählbar	20 (+10)	20 (+10)	-
belebt-unbelebt	20 (+10)	20 (+10)	-
Hyperonyme	20		-
			= 220 Nomen

* die funktionalen Nomina konkreta wurden in der Analyse mit den Hyperonymen kontrastiert und bildeten so zusätzlich die Gruppe der Hyponyme.

Die folgende Tabelle zeigt eine nach Domänen sortierte Auflistung der einzelnen Wörter.

Tabelle 6: Liste der akustisch präsentierten Nomen

funktional	sensorisch	essbar	nicht essbar	belebt	unbelebt
rein funktional:	rein sensorisch	rein essbar	rein nicht essbar	rein belebt	rein unbelebt
Anker	Flöte	Apfel	Auto	Adler	Deckel
Besen	Geige	Birne	Füller	Bohnen	Felsen
Drucker	Glocke	Ente	Kugel	Dackel	Hocker
Fahrrad	Harfe	Feige	Nadel	Eule	Mappe
Gabel	Kaktus	Käse	Pinsel	Igel	Mofa
Hammer	Katze	Möhre	Säge	Kamel	Nagel
Kanne	Klavier	Schinken	Schere	Lippe	Ordner
Löffel	Nelke	Schnitzel	Stecker	Nashorn	Regal
Messer	Sonne	Suppe	Vase	Tiger	Spiegel
Zange	Wiese	Weizen	Wecker	Zunge	Zettel
und unbelebt	und belebt	und sensorisch	und künstlich	und nicht essbar	und nicht-zählbar
Bluse	Biene	Brötchen	Ampel	Finger	Asche
Bürste	Delphin	Gurke	Becher	Gesicht	Kupfer
Flasche	Fliege	Knoblauch	Brille	Käfer	Lava
Gewehr	Löwe	Kuchen	Eimer	Möwe	Marmor
Hose	Palme	Kürbis	Feder	Mücke	Nickel
Jacke	Rose	Nudel	Kissen	Nase	Osten
Kiste	Schlange	Spargel	Mütze	Pfote	Platin
Reifen	Schnecke	Torte	Pfeife	Ratte	Tausend
Schlüssel	Spinne	Traube	Schüssel	Rücken	Titan
Stiefel	Zebra	Zwiebel	Teller	Rüssel	Uran
künstlich	natürlich	zählbar	nicht-zählbar	Hyperonym	Hyponym
rein künstlich	rein natürlich	rein zählbar	rein nicht zählbar		
Kerze	Affe	Blume	Eisen	Besteck	
Kragen	Auge	Flamme	Hagel	Fahrzeug	
Motor	Esel	Knochen	Messing	Gebäck	
Pfanne	Fenchel	Lampe	Norden	Gefäß	
Puppe	Junge	Münze	Schiefer	Gemüse	
Ruder	Kiwi	Schippe	Silber	Gerät	
Schlitten	Tanne	Schraube	Süden	Geschirr	
Tasse	Taube	Seife	Westen	Getränk	
Weste	Walnuss	Tasche	Wolle	Insekt	
Zeitung	Ziege	Würfel	Zement	Kleidung	
und zählbar	und essbar	und funktional	und natürlich		
Bagger	Erbse	Dose	Basalt	Maschine	
Faden	Hafer	Hefter	Butter	Möbel	
Garten	Honig	Kabel	Granit	Nahrung	
Hütte	Kaffee	Klammer	Leder	Pflanze	
Kamin	Kirsche	Schleife	Nebel	Schminke	
Koffer	Pflaume	Tube	Pfeffer	Speise	
Mantel	Pizza	Umschlag	Regen	Spielzeug	
Ofen	Plätzchen	Waage	Tabak	Unkraut	
Perle	Sahne	Wagen	Wasser	Waffe	
Trommel	Salat	Zirkel	Zucker	Werkzeug	

Wortlängen

Die folgende Abbildung beschreibt die mittleren Längen der in Domänen eingeteilten akustisch präsentierten Wörter.

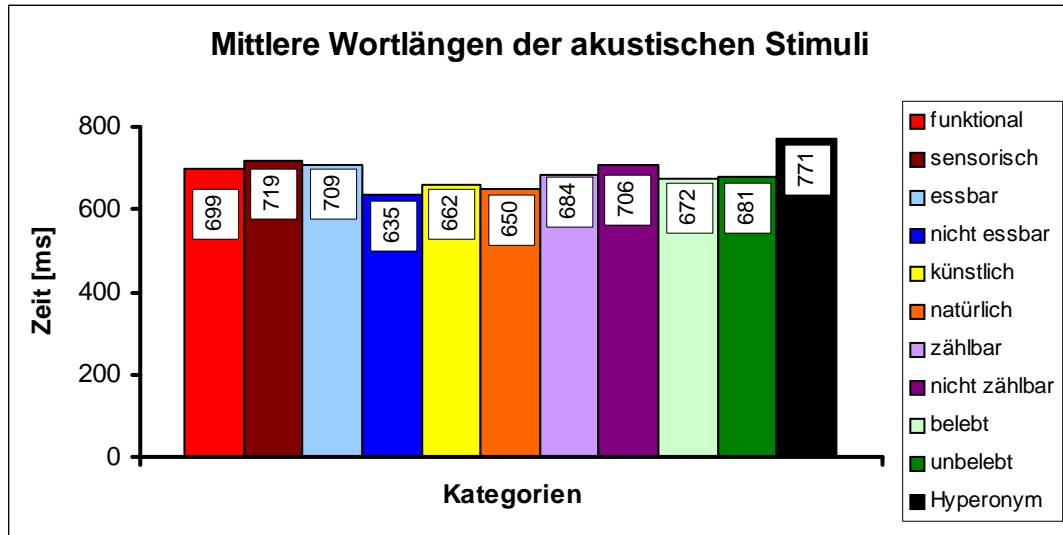


Abb. 13: Die mittleren Wortlängen in ms und der Standardabweichungen der nach Domänen sortierten Wörter.

Die mittlere Wortlänge aller akustischen Stimuli betrug 697,8 ms ($\pm 99,5$ ms).

Wortfrequenz

Die Frequenz der verwendeten Nomen wurde annähernd gleich gehalten. Die Kontrollquellen hierfür waren sowohl die CELEX Datenbank, die vom Max-Planck-Institut für Psycholinguistik in Nijmegen entwickelt wurde, als auch das Online-Wörterbuch der Universität Leipzig.

Die CELEX Datenbank beschreibt unter anderem die Häufigkeit, mit der Wortformen im Deutschen innerhalb des untersuchten Korpus vorkommen. Die Wortformen enthalten alle deklinierten Formen eines Wortes sowie dessen Nominativ-Singular-Form. Die Angaben sind dem Mannheimer Korpus (Institut für deutsche Sprache) von 1984 entnommen, der ca. 6 Mio. Wörter enthält. Die Wörter stammen zum größten Teil aus geschriebener Sprache (diverse schriftliche Texte unterschiedlicher Sparten) und zu einem geringen Teil aus gesprochener Sprache (Spontanspracheanalysen).

Die Datenbank der Universität Leipzig basiert auf einem umfangreichen Korpus geschriebener Sprache von etwa 15 Mio. Sätzen. Diese Sätze stammen aus einem

Korpus aller elektronisch vorliegenden Texte an dem Anfang der 90er Jahre. Der Schwerpunkt dieser Texte liegt auf Zeitungstext, aber auch zahlreichen fachlich spezifischeren Quellen. Im Online-Wörterbuch der Universität Leipzig ist nicht nur die Frequenz der Wortformen angegeben sondern auch deren Häufigkeitsklasse. Die Häufigkeitsklasse stellt die Relation zum häufigsten Wort der deutschen Sprache. Im Jahr 2003 war das Wort *der* das häufigste Wort der deutschen Gegenwartssprache und trug somit die Häufigkeitsklasse 0. D.h. je niedriger eine Häufigkeitsklasse ist, desto häufiger kommt das Wort im Deutschen vor. Bis zu einer Häufigkeitsklasse von 23 (> 23) gilt ein Wort als selten, alles was darunter liegt (< 23), wird derzeit als häufig beschrieben. So bedeutet z.B. eine Häufigkeitsklasse eines Wortes von 15 (wie bei dem Wort *Amsel*), dass das Wort *der* ca. 2^{15} mal häufiger vorkommt als das gesuchte Wort *Amsel*. Anhand der Häufigkeitsklasse lassen sich Wörter leicht grob hinsichtlich ihrer Frequenz vergleichen. Die Anzahl gibt an, wie oft ein Wort sowohl in seiner flektierten Form als auch im Nominativ-Singular in diesem analysierten Korpus vorkommt.

Die folgende Abbildung zeigt die Häufigkeitsangabe für die akustisch präsentierten Stimuli. Die Werte geben die Häufigkeitsklasse des Online-Frequenzwörterbuchs der Universität Leipzig an (<http://wortschatz.uni-leipzig.de/>, [20.11.2002]). Zur Stimulusauswahl wurden weitere Quellen über Frequenzangaben herangezogen, an dieser Stelle genügt zu Darstellungszwecken der Frequenzvergleich mittels der Häufigkeitsklasse.

Die Angaben über die Häufigkeitsklassen im *Wortschatz Uni Leipzig* (im Folgenden *WSL* für Wortschatz Leipzig) waren lediglich Richtlinien für die Auswahl der Stimuli. Es ist zu beachten, dass die Angaben zur Vorkommenshäufigkeit auf einem Zeitungskorpus stammen. Die Frequenzen in der Alltagssprache können davon abweichen. So ist es z.B. möglich, dass die Gebrauchshäufigkeit für Nomen aus der Domäne *essbar* in der Umgangssprache häufiger vorkommt als in der Zeitungssprache.

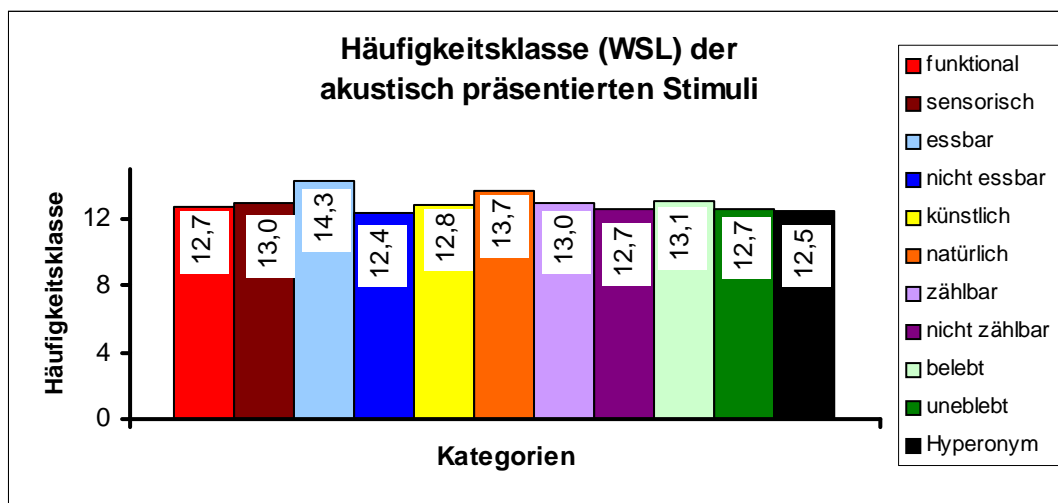


Abb. 14: Die mittleren Frequenzen der akustisch präsentierten Stimuli. Die Häufigkeitsklasse ist angegeben.

Visuell präsentierte Nomina concreta

Zur visuellen Präsentation wurden mit Ausnahmen dieselben Stimuli genommen wie bei der akustischen Präsentation. Die Bilder sind die Abbildungen von den jeweiligen Nomen (s. Tabelle) und werden in der nachstehenden Tabelle aufgelistet.

Ein Teil der Bilder stammt aus verschiedenen Fotokartensammlungen, die in der Aphasietherapie eingesetzt werden (*Schubi Lernmedien* und *Color Cards*, vgl. Bibliographie). Ein weiterer Teil der Bilder stammt aus dem Internet (Bildersuche unter www.google.de, [20.11.2005]). Da jedoch nicht alle akustisch präsentierten Nomen abbildbar sind, weicht diese Tabelle von Tabelle 6 ab. Die Domäne *nicht zählbar* ist nicht abbildbar und wurde deswegen ersatzlos gestrichen. Da somit der Gegenpart der Domäne *zählbar* fehlt, wurden auch keine Bilder aus dieser Domäne präsentiert. Die Domäne *unbelebt* besteht im akustischen Teil zur Hälfte aus der Domäne *nicht zählbar*. Diese Items wurden für den visuellen Teil durch 10 Bilder von Objekten der Domäne *unbelebt* ersetzt. Weiterhin konnte die Gruppe *Hyperonym* nicht abgebildet werden, weil die einzelnen Nomen immer durch mehrere Objekte dargestellt werden müssten. So kann das Hyperonym *Besteck* nur durch Messer, Gabel und Löffel dargestellt werden, niemals aber nur mit einem Objekt. Somit käme zusätzlich zum Benennen eine Kategorisierungsaufgabe, indem die Versuchsperson beim Benennen den Oberbegriff für die Einzelobjekte produziert, hinzu. Außerdem sind die Bilder visuell komplexer als die übrigen.

Die folgende Tabelle (Tabelle 5) zeigt die Domänen, nach denen die Stimuli unterteilt sind und die Anzahl der Bilder in den jeweiligen Domänen. Es wurden insgesamt 240 Bilder im Experiment gezeigt. Auch in dieser Bedingung wurden die Anzahl der Stimuli maximal erhöht, so dass jeweils 50% der Stimuli einer Domäne ebenfalls einer anderen zugeordnet wurden. Auch in diesem Teilexperiment war die Gegenüberstellung zweier gegensätzlicher Domänen Hauptbestandteil der Untersuchung.

Die nachstehende Abbildung zeigt die Anzahl der Bilder innerhalb der verschiedenen Domänen.

Tabelle 7: Die Anzahl der nach Domänen sortierten visuell präsentierten Stimuli.

Domänen	Anzahl Domäne 1	Anzahl Domäne 2
funktional-sensorisch	20 (+10)	20 (+10)
essbar-nicht essbar	20 (+10)	20 (+10)
künstlich-natürlich	20 (+10)	20 (+10)
belebt-unbelebt	20 (+10)	20 (+10)
		= 180 Bilder

Die nachfolgende Tabelle (Tabelle 8) zeigt die Zielwörter zu den präsentierten Bildern (visuelle Stimuli). Die Tabelle weicht, wie oben bereits erwähnt, bei folgenden Domänen voneinander ab: Die Domänen *nicht zählbar* und *zählbar* fehlen, die Domäne *unbelebt/nicht zählbar* wurde ersetzt durch die Domäne *unbelebt/rein unbelebt* und die Hyperonyme fehlen.

Tabelle 8: Liste der Zielwörter für die visuell präsentierten Stimuli.

funktional	sensorisch	essbar	nicht essbar
rein funktional	rein sensorisch	rein essbar	rein nicht essbar
Anker	Flöte	Apfel	Auto
Besen	Geige	Birne	Füller
Drucker	Glocke	Ente	Kugel
Fabrik	Harfe	Feige	Nadel
Gabel	Kaktus	Käse	Pinsel
Hammer	Katze	Möhre	Säge
Kanne	Klavier	Schinken	Schere
Löffel	Nelke	Schnitzel	Stecker
Messer	Sonne	Suppe	Vase
Zange	Wiese	Weizen	Wecker
und unbelebt	und belebt	und sensorisch	und künstlich
Bluse	Biene	Brötchen	Ampel
Bürste	Delphin	Gurke	Becher
Flasche	Fliege	Kuchen	Brille
Gewehr	Löwe	Kürbis	Eimer
Hose	Rose	Nudel	Feder
Jacke	Schlange	Knoblauch	Kissen
Kiste	Schnecke	Spargel	Mütze
Reifen	Spinne	Torte	Pfeife
Schlüssel	Palme	Traube	Schüssel
Stiefel	Zebra	Zwiebel	Teller
künstlich	natürlich	belebt	unbelebt
rein künstlich	rein natürlich	rein belebt	rein unbelebt
Kerze	Affe	Adler	Deckel
Kragen	Auge	Bohnen	Felsen
Motor	Esel	Dackel	Mappe
Pfanne	Fenchel	Eule	Nagel
Puppe	Junge	Igel	Mofa
Ruder	Kiwi	Kamel	Ordner
Schlitten	Tanne	Lippe	Regal
Tasse	Taube	Nashorn	Spiegel
Weste	Walnuss	Tiger	Hocker
Zeitung	Ziege	Zunge	Zettel
und zählbar	und essbar	und nicht essbar	und rein unbelebt
Bagger	Erbse	Finger	Kette
Faden	Hafer	Gesicht	Paket
Garten	Honig	Käfer	Pflaster
Hütte	Kaffee	Möwe	Sofa
Kamin	Kirsche	Mücke	Schaukel
Koffer	Pflaume	Nase	Rutsche
Mantel	Pizza	Pfote	Wippe
Ofen	Plätzchen	Ratte	Käfig
Perle	Sahne	Rücken	Rahmen
Trommel	Salat	Rüssel	Fenster

Frequenzen der visuellen Stimuli

Da die Zielwörter beim Benennen die Nomen sind, die im rezeptiven Teil des Experiment akustisch präsentiert werden, sind die Frequenzen folglich gleich. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Frequenzen der Domänen in der visuellen Bedingung.

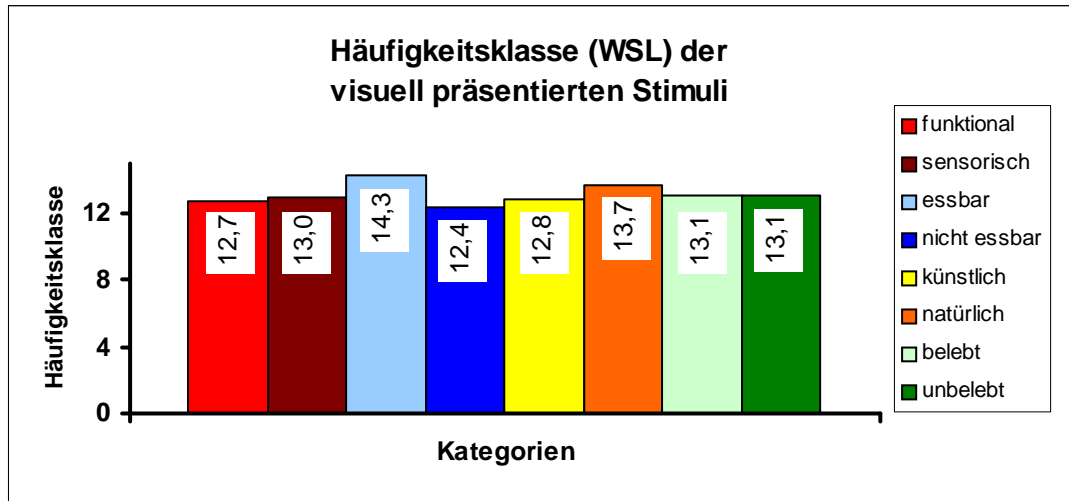


Abb. 15: Die Häufigkeitsklassen (nach Wortschatz Universität Leipzig = WSL) der visuell präsentierten Stimuli.

Editierung

Editierung des akustischen Stimulusmaterials

Die akustischen Stimuli wurden für die Aufnahme in Wortlisten mit je 16 Wörtern eingeteilt. Diese Wortlisten wurden von einem semiprofessionellen männlichen Sprecher (30 Jahre) im Tonstudio der Universität Bielefeld eingelesen. Am Ende eines jeden Lesepäckchens wurden zwei Distraktoren eingefügt, damit die Intonation der kritischen Stimuli annähernd gleich blieb.

Die Sätze wurden in Listen mit je sechs Items zerteilt. Auch hier wurde aus Gründen der Intonation ein Distraktor am Ende eingefügt.

Die Stimuli wurden mit einer Sampling-Rate von 44,1 kHz und einer Abtastrate von 16 bit digital aufgenommen und als *.wav-Datei abgespeichert. Anschließend wurden sie mit dem Programm *SoundEdit* auf einem Macintosh Rechner ausgeschnitten und einzeln als *.wav-Datei abgespeichert und codiert.

Um die Stimuli randomisiert akustisch darzubieten, wurden *Play Lists* erstellt, die über einen Macintosh Rechner präsentiert wurden. Der Versuchsperson wurden die Stimuli über Lautsprecher dargeboten.

Editierung des visuellen Stimulusmaterials

Die Bilder stammen zu einem großen Teil aus Fotokarten, die in der Aphasietherapie eingesetzt werden (Schubi Foto Didac und Color Library Cards). Diese Bilder wurden mit 300 dpi eingescannt, mit einem Bildbearbeitungsprogramm angeglichen und als *joint photographic expert group* (*.jpg)-Dateien abgespeichert. Ein weiterer großer Teil der Bilder wurde dem Internet entnommen. Die Suche der Bilder erfolgte über die Google-Bildersuche. Es wurden lediglich Bilder verwendet, die qualitativ den eingescannten Fotokarten gleich waren. Auch diese Bilder wurden als *.jpg-Dateien abgespeichert. Die restlichen Bilder wurden mit einer Digitalkamera aufgenommen und ebenfalls als *.jpg-Dateien abgespeichert. Alle Bilder wurden letztlich mit dem Programm *Adobe Photoshop* auf einem Windows Rechner bearbeitet und mit einer Größe von durchschnittlich 80 KB und 350 x 350 Pixel abgespeichert. Bei allen Bildern wurden die Hintergründe möglichst neutral gestaltet, d.h. dass weitere Ablenker im Hintergrund entfernt wurden. Die Bilder nahmen somit ca. ein Sechstel der Bildschirmgröße ein und wurden auf dem Bildschirm zentriert präsentiert. Auf dem Monitor wurde ein dunkler Rahmen befestigt, der den Blick auf die Bilder freiließ, damit die Versuchsperson nicht durch die Aufschrift, Tasten oder den Rand des Bildschirms abgelenkt wurde.

Codierung

Eine Codierung des Stimulusmaterials war notwendig, damit im EEG-Präsentationsprogramm die nötigen Marker, bzw. Trigger gesetzt werden konnten. Das automatische Setzen der Marker im EEG-Aufnahmeprogramm ist unerlässlich, damit bei der späteren Analyse eine Korrelation der Amplitudenverläufe mit den Wortgrenzen feststellbar ist. Das Präsentationsprogramm ließ dreistellige Trigger bis zur Zahl 255 zu.

Die Nomen- bzw. Objektstimuli wurden nach folgenden semantischen Domänen codiert:

I.	Hyperonym	Hyponym (beide nur in akustischer Bedingung)
II.	sensorisch	funktional
III.	essbar	nicht essbar
IV.	natürlich	künstlich
V.	zählbar	nicht zählbar (nur in akustischer Bedingung)
VI.	belebt	unbelebt

Daraus ergeben sich sechs Domänenpaare und 12 Einzeldomänen.

In der statistischen Auswertung sollen die Domänenpaare bezüglich ihres Wortanfangs kontrastiert werden. Die Codierung ist in der nachstehenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 9: Die einzelnen Domänen und deren Marker im EEG-Aufnahmeprogramm.

	y		z
Domäne			Wortzeitpunkt
Hyperonym	1	2	1 = Anfang
rein funktional	11	12	2 = Ende
gemischt funktional & unbelebt	21	22	
rein sensorisch	31	32	
gemischt sensorisch & belebt	41	42	
rein essbar	51	52	
gemischt essbar & sensorisch	61	62	
rein nicht essbar	71	72	
gemischt nicht essbar & künstlich	81	82	
rein künstlich	91	92	
gemischt künstlich & zählbar	101	102	
rein natürlich	111	112	
gemischt natürlich & essbar	121	122	
rein zählbar	131	132	
gemischt zählbar & funktional	141	142	
rein nicht zählbar	151	152	
gemischt nicht zählbar & natürlich	161	162	
rein belebt	171	172	
gemischt belebt & nicht essbar	181	182	
rein unbelebt	191	192	
gemischt unbelebt & nicht zählbar	201	202	

Beispiele:

z.B.: **Schnecke**: 41 bzw. 42

→ 4 = gemischt sensorisch & belebt

→ 1 = Wortanfang, 2 = Wortende

7.3 Versuchspersonen

An dem Experiment nahmen insgesamt 30 Versuchspersonen teil (15 Frauen und 15 Männer). Die Teilnahme war freiwillig und wurde mit einem angemessenen Versuchspersonengeld bezahlt. Die Versuchspersonenakquisition erfolgte durch private Kontakte. Die Probanden wurden telefonisch über die Erfüllung der Voraussetzungen zur Teilnahme am Experiment befragt. Die Voraussetzungen waren folgende: Muttersprache Deutsch, monolingual, aufgewachsen in Deutschland, Rechtshändigkeit, Studierende. Das Alter der Probanden lag zwischen 19 und 35 Jahren (\bar{X} 23,8 Jahre \pm 4 Jahre).

Die Hörfähigkeit war normal und es bestand bei keiner der Versuchspersonen eine akute Medikation oder neurologische Auffälligkeiten (Befragung). Details zur Befragung finden sich im Unterpunkt II.7.4 *Befragung der Versuchspersonen*. Alle Versuchspersonen erfüllten die vorgegebenen Kriterien. Die Händigkeit wurde durch einen modifizierten Händigkeitsfragebogen nach Oldfield (1971) überprüft.

7.4 Versuchsdurchführung

Versuchsaufbau

Die gesamten Stimuli wurden mittels einer EEG-Software (ExpEEG) der AG Experimentelle Neurolinguistik über einen Windows-Rechner präsentiert. Über die Elektroden in der Kappe wurden die Biosignale abgeleitet, anschließend verstärkt und digitalisiert auf einem weiteren Windows-Rechner gespeichert.

Die nachstehenden drei Abbildungen zeigen den Versuchsaufbau und Teile der Experimentdurchführung.



Abb. 16: Die Versuchsleiterin von dem Versuchsaufbau während eines Experiments.

- a) Kontrollmonitor des Stimulus-Präsentationsrechners
- b) Präsentationsrechner
- c) Kontrollmonitor des EEG-Aufnahmerechners
- d) EEG-Aufnahmerechner
- e) akustischer Kontrollmonitor
- f) Kontrollmonitor, zeigt VP in der Kabine
- g) Audio-Verstärker
- h) Gegensprechanlage zur Kommunikation mit der Versuchsperson in der Kabine



Abb. 17: Die schallreduzierte EEG-Kammer.



Abb. 18: Versuchsperson während der EEG-Ableitung in der schallreduzierten Kabine im Liegesessel.

Die zeitliche Reihenfolge der einzelnen Experimenteile war festgelegt. Die Bedingungen (akustische Nomen, visuelle Nomen) wurden jeweils en bloc präsentiert. Zwischen den einzelnen Bedingungen wurde eine Pause eingeschoben.

Die einzelnen Bedingungen wiederum wurden ebenfalls in Blöcke eingeteilt, zwischen denen jedoch nur eine kurze Pause stattfand. Die einzelnen Abläufe sind nachstehend erklärt (s. Abb. 19).

Alle akustischen Stimuli wurden über Lautsprecher präsentiert, während die Versuchsperson auf einen Punkt leicht nach unten blickte. Die visuellen Stimuli erschienen auf einem Bildschirm. Der relevanten Präsentation wurde ein Stimulus-Block als Test und zur Eingewöhnung vorangestellt. Nach einer kurzen Pause begann die visuelle Bedingung des Experiments. Die Bilder wurden ebenfalls in Blöcken präsentiert. Vor einer jeden Bedingung erhielt die Versuchsperson die dazugehörigen Instruktionen.

Das Experiment dauerte mit den zwischen den Bedingungen liegenden Pausen ca. eine Stunde.

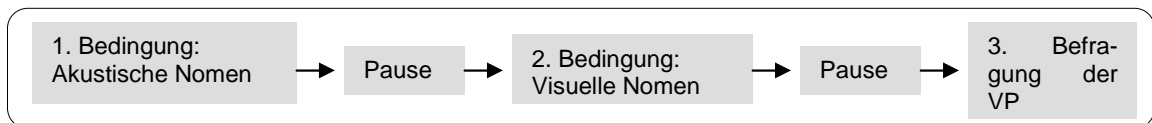


Abb. 19: Der Gesamtablauf des Experiments.

Akustisch präsentierte Nomina konkreta

Die Stimuli wurden in Blöcke zu zweimal 70 und einmal 80 Wörtern randomisiert eingeteilt. Vor der Präsentation wurde ein Probekblock durchgeführt. Das Interstimulusintervall betrug durchschnittlich 2550 ms (± 129 ms). Zwischen den Blöcken wurde die Versuchsperson gebeten, sich zu entspannen. Somit ergab sich folgender Versuchsablauf (Abb. 20):

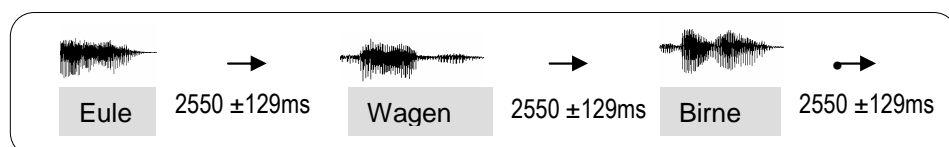


Abb. 20: Design der Präsentation der akustischen Stimuli.

Die Aufgabe der Versuchsperson war, sich die Wörter konzentriert anzuhören. Dieser Teil des Experiments dauerte ca. 20 min. Während der gesamten Präsentation schaute die Versuchsperson auf einen verdeckten Bildschirm auf eine Markierung, um Augenbewegungen zu vermeiden.

Die Analyse der ereigniskorrelierten EEG-Abschnitte fand von 200 ms vor bis 800 ms nach Wortanfang statt.

Visuell präsentierte Nomina konkreta/Bildpräsentation

In dieser Bedingung wurden 180 Bilder über einen Monitor präsentiert. Sie wurden in vier Blöcke von je 45 Bildern eingeteilt. Jeder Block dauerte ca. fünf Minuten. Die zeitliche Abfolge des Benennexperiments ist im Folgenden am Beispiel eines Stimulus dargestellt (s. Abb. 21). Auch hier war der Ablauf der Stimulusblöcke ähnlich wie die Reihenfolge der akustisch präsentierten Nomen.

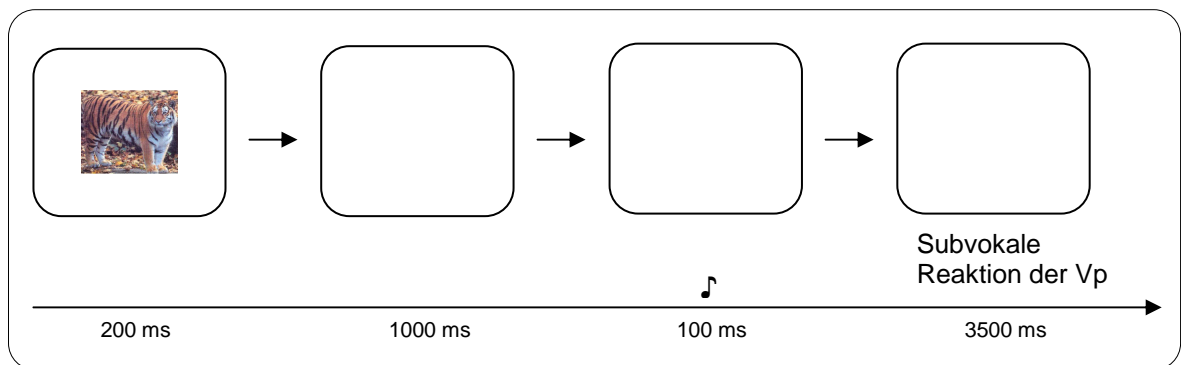


Abb. 21: Design der Präsentation der visuellen Stimuli. Das ISI betrug 3500 ms.

Die Versuchspersonen wurden instruiert, während der Bildpräsentation die Augen auf die Bildschirmmitte, die durch die Rahmung ca. 14 mal 14 cm betrug, zu richten und sich die Bilder konzentriert anzuschauen. Die Bilder sollten von den Versuchspersonen nach einem Tonsignal innerlich benannt werden, damit sich die Versuchspersonen auch tatsächlich auf die Präsentation konzentrieren. Die subvokale Benennung war notwendig, damit keine Muskelartefakte entstehen konnten.

Befragung der Versuchspersonen

Zu Beginn des Experiments wurde eine Händigkeitbefragung (Oldfield 1971) sowie eine Befragung zu den persönlichen Daten, dem Befinden und den fremdsprachlichen Fähigkeiten der Versuchsperson durchgeführt.

Der Händigkeitsfragebogen ist ein besonders wichtiger Teil der dem Experiment vorangehenden Befragung, weil somit mit 95%iger Sicherheit davon ausgegangen werden kann, dass sich das Sprachzentrum des Probanden in der linken Hirnhälfte befindet. Daten eines rechtsdominanten Hirns sind im EEG nicht vergleichbar mit denen eines linksdominanten Hirns.

Mit der unten stehenden Formel gibt man den Lateralitätsquotienten an. Die Berechnung erfolgt durch die Subtraktion der von den Probanden angegebenen Punkte für die linke Hand von denen der rechten Hand. Diese Punktzahl wird durch die Summe der Punkte für beide Hände dividiert. Multipliziert man diese Zahl mit 100, so erhält man den Lateralitätsquotienten.

$$L.Q. = 100 * \frac{\sum X(i, R) - \sum X(i, L)}{\sum X(i, R) + \sum X(i, L)}$$

Ein Quotient von 100 gibt eine extreme Rechtshändigkeit an, -100 extreme Linkshändigkeit und ein Quotient von 0 gibt an, dass beide Hände gleichermaßen benutzt werden (Springer & Deutsch 1998:104) (s. Abb. 22).

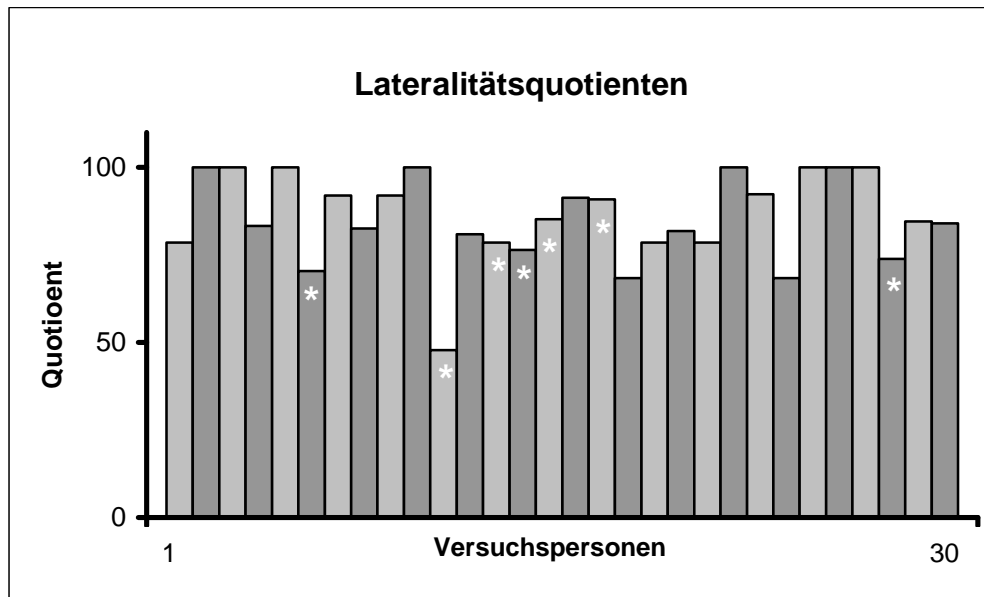


Abb. 22: Die Verteilung der Lateralitätsquotienten über alle Versuchspersonen.

Sieben Versuchspersonen gaben an, je einen Linkshänder in der näheren Verwandtschaft zu haben (zwei davon bei einem Elternteil) (s. Markierung *).

Weiter wurden Informationen zu den fremdsprachlichen Fähigkeiten erhoben. Dabei wurde die Versuchsperson nach dem Fremdsprachenunterricht in der Schule, nach Auslandsaufenthalten sowie nach weiteren, außerschulischen fremdsprachlichen Fähigkeiten gefragt.

Anschließend wurden die Elektroden appliziert und die Versuchsperson erhielt eine kurze und oberflächliche Beschreibung des Experiments sowie die Instruktionen über ihre Aufgaben während des Experiments. Die Instruktionen an die Versuchspersonen finden sich im Anhang.

Der vollständige Händigkeitfragebogen, der Fragebogen zu den persönlichen Daten (Adresse, Befindlichkeit, Medikation, Gehör, usw.) der Versuchspersonen sowie die Fragebögen zu den fremdsprachlichen Fähigkeiten und zum befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

Zusätzlich wurden die Versuchspersonen nach jeder Bedingung nach ihren Eindrücken zum Experiment und ihren Strategien, mit denen sie die Stimuli wahrgenommen haben, befragt.

Elektrodenapplikation

Zur Datenerfassung wurde eine Elektrodenkappe mit 32 Skalpelektroden verwendet (Abb. 23). Die Positionen der Elektroden waren auf der Kappe nach dem 10/20-System nach Jasper (1958) vorgegeben. Da die Kappe dehnbar ist und somit die Elektrodenpositionen bis zu einem gewissen Maß individuell an den Kopf angepasst werden konnten, wurde zusätzlich die Distanz zwischen Nasion und Inion vermessen und dadurch die Position der mittleren okzipitalen sowie frontalen Elektroden bestimmt. Diese lagen je 10% der Gesamtdistanz zwischen Inion und Nasion über diesen beiden Punkten. Die Elektroden in der Kappe wurden mittels einer Spritze mit stumpfem Kanülenaufsatz mit wasserlöslichem, abrasivem Elektrodengel gefüllt, nachdem die obere Epithelschicht der Haut unter den Elektroden mit der Kanüle leicht aufgeraut wurde. Dadurch wurden die Übergangswiderstände auf ungefähr 6 kOhm gesenkt.

Zusätzlich wurden am linken und rechten Auge je eine horizontale Elektrode außen und am linken Auge je eine vertikale Augenelektroden oben und unten angebracht, um Augenbewegungen zu messen. Die Augenelektroden wurden mit abrasivem Elektrodengel gefüllt und mit einem selbstklebenden Haftring auf der vorher mit Alkohol gereinigten und aufgerauten Haut angebracht.

An den beiden Ohrläppchen wurde je eine Elektrode befestigt (A1 und A2).

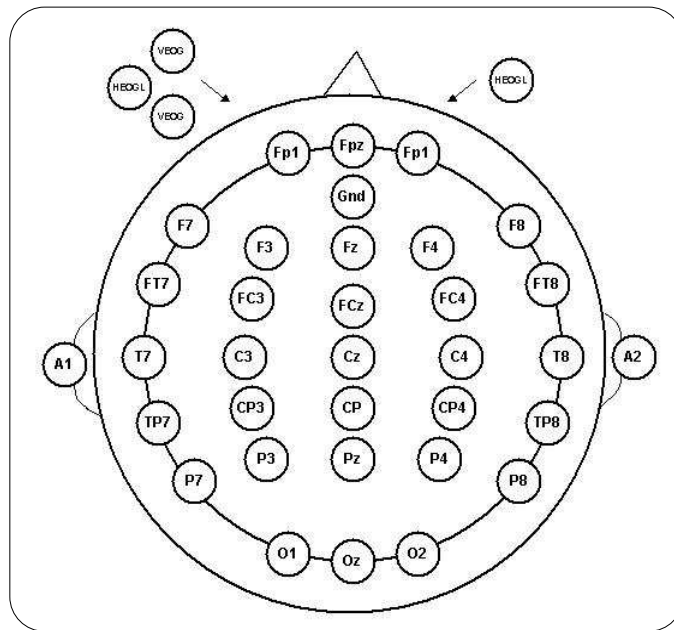


Abb. 23: Die Elektrodenpositionen der 32-Kanal-Elektrohaube (*Electrocap*).

Die Elektrodenapplikation dauerte ca. eine dreiviertel Stunde, so dass der gesamte Versuch ca. zwei Stunden beanspruchte (s. Abb. 24).

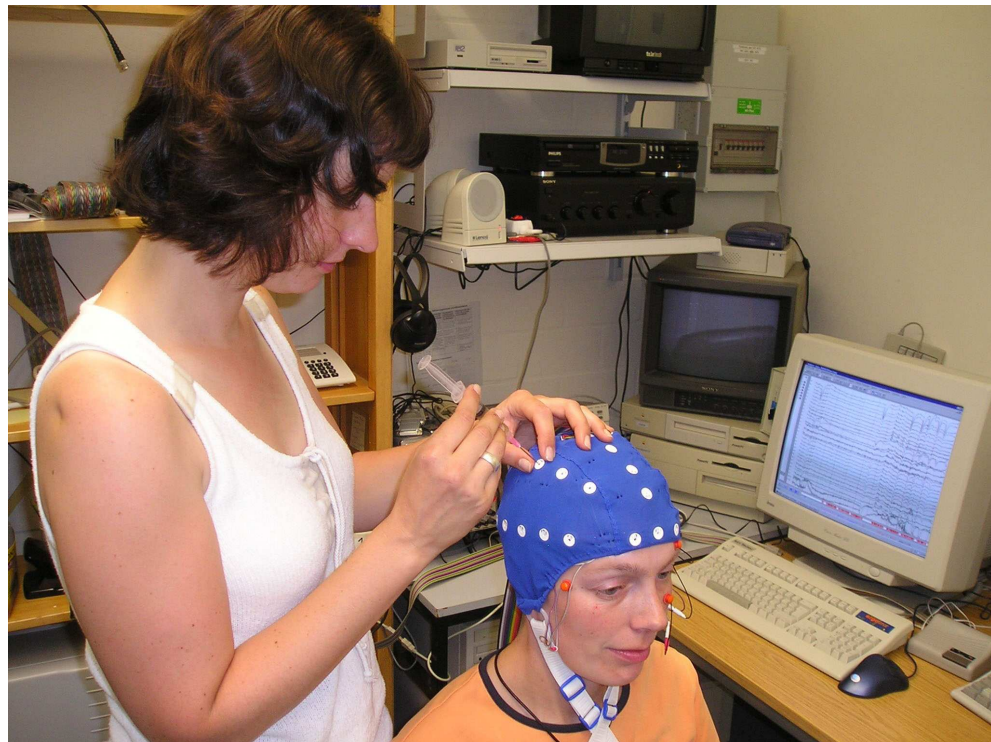


Abb. 24: Versuchsvorbereitung: Positionieren der Elektrodenhaube und das Füllen der Elektroden mit Elektrodengel.

7.5 Signalauswertung und -analyse

Präsentationsprogramm

Das Stimulus-Präsentationsprogramm *ExpEEG* wurde von der AG Experimentelle Neurolinguistik, Universität Bielefeld entwickelt. Durch dieses Programm ist es möglich, visuelle und akustische Stimuli zeitgenau zu präsentieren sowie dazugehörige Marker an das Aufnahmeprogramm zu senden.

Aufnahmeprogramm

Die Daten wurden mit dem Programm Acquire 4.1 der Firma Neurosoft, Inc. aufgezeichnet. Die Signale wurden durch einen Verstärker intensiviert und mit einer Abtastrate von 512 Hz digitalisiert aufgenommen. Das Programm erlaubt eine Online-Betrachtung des EEG und konnte mit einer Abweichung von ± 2 ms Trigger aufzeichnen.

Artefaktzurückweisung

Insgesamt wurden im akustischen Teil des Experiments 16,8 % der Stimuli artefaktmarkiert und zurückgewiesen und im visuellen Teil 17,8 %.

Die Roh-EEG-Daten wurden nach der Aufnahme mit dem Programm *Vision Analyzer 1.04* der Firma Brain Products GmbH bearbeitet. Unter Verwendung dieses Programms wurden die Daten nach den vorgegebenen linguistischen Kriterien segmentiert und anschließend artefaktmarkiert. Die Artefaktmarkierung wurde halbautomatisch nach Gradienten-, Maximum-Minimum-, Amplituden- und Aktivitätskriterium durchgeführt. Das Gradientenkriterium bestimmt, welche Segmente aufgrund von extremen Spannungsunterschieden zwischen zwei Abtastpunkten zurückgewiesen werden müssen. Durch das Maximum-Minimum-Kriterium wird die zulässige Steilheit der Kurve bestimmt. Mithilfe des Amplituden-Kriteriums werden Segmente oberhalb bzw. unterhalb einer bestimmten Spannung zwischen der maximalen und minimalen Amplitude ausgeschlossen. Das Aktivitätskriterium schließt Segmente mit sehr geringem Spannungsunterschied innerhalb eines individuell bestimmten Intervalls aus. Segmente, die in einem oder mehreren bzw. allen Kanälen durch diese Kriterien ausgeschlossen wurden, wurden

komplett verworfen. Die nicht-artefaktbehafteten Segmente wurden gemittelt. Die folgende Tabelle zeigt den Anteil der zurückgewiesenen Segmente bei den beiden Bedingungen *Nomen akustisch* und *Nomen visuell*.

Tabelle 10: Die prozentuale Anzahl der verworfenen Segmente bei der akustischen Präsentation von Wörtern und bei der Präsentation von Bildern.

		Nomen akustisch	Nomen visuell
Domäne	Absolute Anzahl der präsentierten Stimuli aller VP	Zurückgewiesene Segmente	Zurückgewiesene Segmente
gesamt		16,8 %	17,8 %
funktional	900	18 %	-
sensorisch	900	18 %	19 %
essbar	900	19 %	20 %
nicht essbar	900	18 %	17 %
künstlich	900	19 %	20 %
natürlich	900	16 %	17 %
zählbar	900	18 %	-
nicht zählbar	900	13 %	-
belebt	900	18 %	16 %
unbelebt	900	16 %	20 %
Hyperonym	600	21 %	-

8. Ergebnisbeschreibung

Für die Untersuchung der Unterschiede zwischen verschiedenen semantischen Domänen wurden die gemittelten Amplitudenwerte der EEG-Daten zugrunde gelegt. Das fortlaufenden EEG wird hierfür zunächst in einzelne Abschnitte segmentiert, anschließend erfolgt eine Artefaktbereinigung. Somit ergibt sich eine Kette von einzelnen EEG-Segmenten, für die ein Mittelwert für jeden einzelnen Elektrodenkanal berechnet werden kann (*Averaging*) (Rösler 1982:10ff, Rappelsberger 2000:25). Die gemittelten EEG-Daten können hinsichtlich ihrer Amplitudenmaxima und –minima (Komponenten) untersucht werden. Dafür wird ein Zeitfenster bestimmt, innerhalb dessen ein Amplitudenmaximum bzw. –minimum (Peaks) detektiert wird. Die aufgefundenen Peaks dienen der weiteren Analyse. Dazu werden die Amplitudenwerte der Peaks der zu vergleichenden Domänen gegenübergestellt. Anschließend wird die Mittelwertedifferenz berechnet, die eine Aussage über das Annehmen oder Verwerfen der Arbeitshypothese erlaubt. Im Folgenden wird die Analyse in ihren einzelnen Schritten erläutert.

8.1 Editierung des EEG

Das Aufnahmeprogramm Aquire 4.1 der Firma Neurosoft, Inc. wurde verwendet, um das EEG aus 32 Ableitkanälen aufzuzeichnen.

Segmentierung

Die Segmentierung des EEG ist eine Vorstufe zur Analyse der evozierten Potentiale. Dabei wird das EEG in Zeitabschnitte, die relativ zum Trigger bemessen werden, zergliedert. Daraus resultieren gleich lange EEG-Abschnitte, die in diesem Fall 800 ms lang sind, d.h. 200 ms vor und 800 ms nach dem Wortanfangsmarker. Bei einer mittleren Wortlänge von 697,8 ms ($\pm 99,5$ ms) umfasst das Zeitfenster mindestens den gesamten Amplitudenverlauf während der Wortpräsentation. Die Segmentierung erfolgte in dem EEG-Analyseprogramm mit Bool'schen Ausdrücken. Diese einzelnen Abschnitte werden je nach Domäne in einer neuen Datei hintereinander angelegt, so entsteht eine Datei für jede Domäne pro Versuchsperson.

Artefaktmarkierung

Der Segmentierung schließt sich die Artefaktzurückweisung an. Nach der Bereinigung der Artefakte bleiben lediglich die völlig störungsfreien EEG-Segmente jeweils einer Domäne übrig, d.h. die Daten der artefaktbehafteten Segmente fließen nicht mehr in die weitere Analyse ein.

Average und Grand Average

Die Segmente des bereinigten EEG werden anschließend gemittelt, so dass sich ein gemittelter Amplitudenverlauf ergibt. Diesem Amplitudenverlauf sind bereits typische EEG-Verläufe, wie z.B. eine N100- und P200-Komponente nach Reizdarbietung, anzusehen. Durch die Mittelung entsteht ein Amplitudenverlauf pro Domäne und Versuchsperson. Diese gemittelten Amplitudenverläufe können wiederum zu einem Grand Average gemittelt werden. Er beinhaltet die Daten aller Versuchspersonen und allen Stimuli einer Domäne.

Filter

Die Frequenzen der gemittelten Daten werden unterhalb 0,3 Hz und oberhalb 12 Hz gefiltert, da diese Frequenzen nicht relevant für die Bearbeitung der vorliegenden Fragestellung sind.

Peak Detection

Bei dem gemittelten und gefilterten Amplitudenverlauf zeigen sich bereits lokale Minima und Maxima der Schwingungsweite. Diese charakteristischen Muster werden zeitlich eingegrenzt. In diesem Zeitfenster werden mit Hilfe des Auswerteprogramms diese lokalen Minima und Maxima anhand eines Referenzkanals gesucht und markiert (Tabelle 11 und 12). Der Referenzkanal ist in diesem Fall CZ, da dort Schwingungshoch- und -tiefpunkte besonders gut erkennbar sind.

Tabelle 11: Zeitfenster der Minima und Maxima der akustisch präsentierten Nomen, die der *Peak Detection* dienen.

Nomen akustisch				
Komponente	Minimum um 100 ms	Maximum um 200 ms	Minimum um 300 ms	Minimum um 450 ms
Zeitfenster nach Wortanfang	75 – 125 ms	175 – 225 ms	250 – 350 ms	400 – 500 ms

Tabelle 12: Zeitfenster der Minima und Maxima der visuell präsentierten Nomen/Bilder, die der *Peak Detection* dienen.

Nomen visuell					
Komponente	Minimum um 100 ms	Maximum um 200 ms	Minimum um 300 ms	Minimum um 450 ms	Maximum um 550 ms
Zeitfenster nach Bildanfang	75 – 125 ms	175 – 225 ms	250 – 350 ms	400 – 500 ms	500 – 600 ms

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen exemplarisch die analysierten Zeitfenster der Amplitudenverläufe bei der akustischen und visuellen Präsentation. Innerhalb der markierten Zeitfenster wurden die Peaks detektiert.

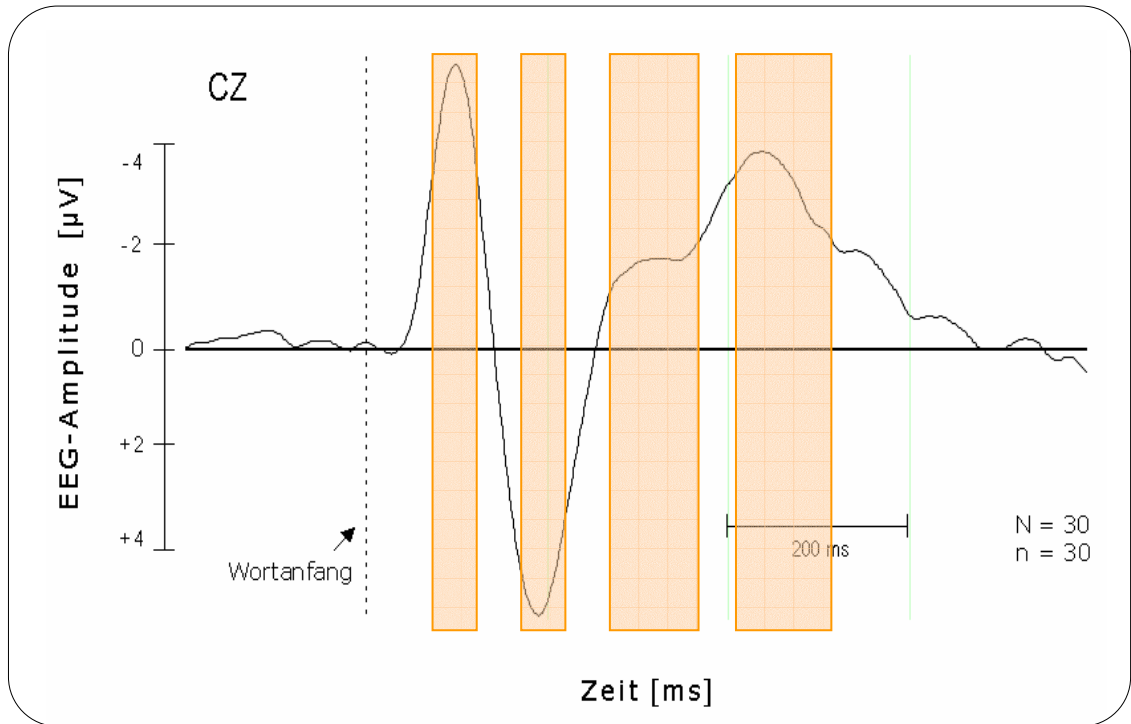


Abb. 25: Beispiel eines gemittelten EEG-Amplitudenverlaufs über 30 Versuchspersonen und jeweils 30 Stimuli in der akustischen Bedingung (Grand Average). Die untersuchten Zeitfenster sind farblich hervorgehoben.

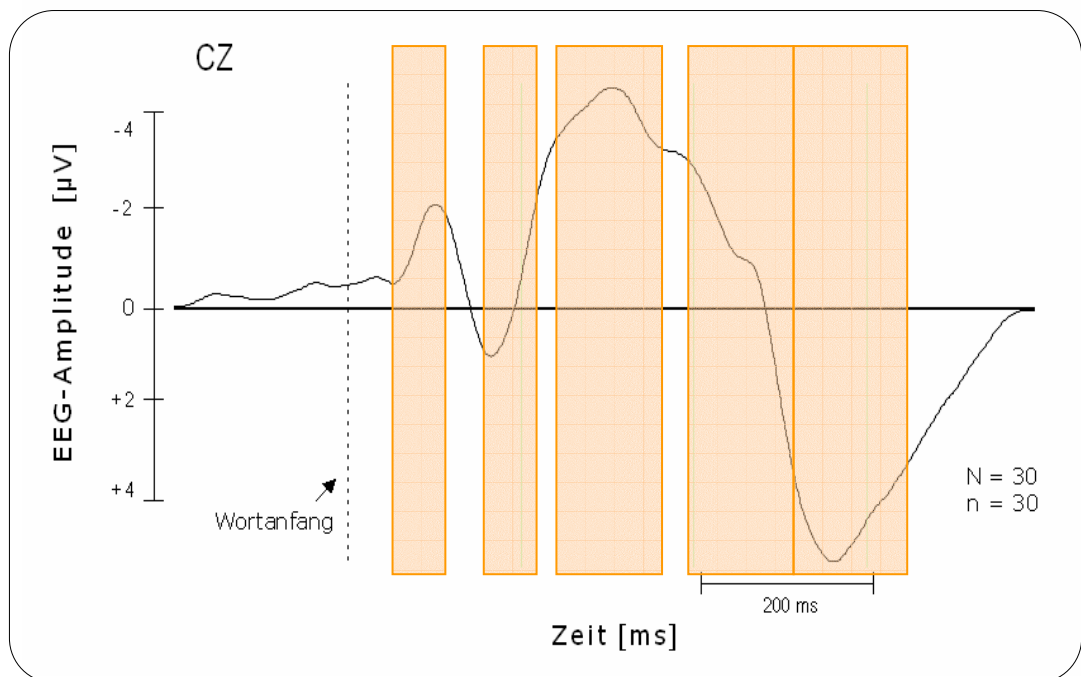


Abb. 26: Beispiel eines gemittelten EEG-Amplitudenverlaufs über 30 Versuchspersonen und jeweils 30 Stimuli in der visuellen Bedingung (Grand Average). Die untersuchten Zeitfenster sind farblich hervorgehoben.

Peak Information Export

Die detektierten Peaks können in Form von Zahlenwerten in ein Excel-, bzw. SPSS-Datenblatt exportiert werden. Diese Peakdaten sind die Basis für alle statistischen Analysen.

8.2 Statistische Datenanalyse

Aus den vorliegenden EEG-Daten wurden im letzten Analyseschritt einzelne Amplitudenwerte für jede Domäne extrahiert, die anschließend mittels verschiedener Signifikanztests hinsichtlich der Unterschiede zwischen zwei Domänen (bzw. zwischen einem Domänenpaar) statistisch untersucht wurden. Zum Vergleich der Amplitudenwerte der zu kontrastierenden Domänenpaare wurden Wilcoxon-Tests sowie Varianzanalysen nach dem Allgemeinen Linearen Modell – Univariat mit Fallgewichtung durchgeführt (Bortz & Döring 2002: 503, Bortz 2005:233, Verbeke & Molenberghs 1997:11ff).

Wilcoxon Test

Mit einem t -Test kann ermittelt werden, ob sich die Mittelwerte von zwei unabhängigen oder abhängigen Messreihen signifikant unterscheiden. Der Wilcoxon Test zählt zu den t -Tests. D.h. dass durch einen Mittelwertvergleich zweier Messreihen untersucht werden kann, ob die Differenzen zwischen dem Mittelwerten zufällig zustande gekommen sind, oder ob diese Schwankungen signifikante Unterschiede in der Gesamtpopulation bedeuten (Bühl & Zöfel 2005:255).

Der Wilcoxon Test untersucht, ob zwei verbundene Messreihen einer Grundgesamtheit mit gleicher Verteilung entstammen (Brosius 2004: 844). Im Vergleich zum gewöhnlichen t -Test zieht der Wilcoxon Test die Mediane statt der Mittelwerte heran. Somit ist er robuster gegen Messfehler, weil er "Ausreißer" nicht beachtet, wie es jedoch der gewöhnliche t -Test macht, da er mit dem Mittelwert rechnet. Außerdem wird bei dieser Berechnung eine symmetrische Verteilung (Normalverteilung) mit ungleichen Varianzen angenommen (Hemmelmann, persönl. Mitteilung).

Wie auch beim t-Test werden beim Wilcoxon Test die Differenzen der Wertepaare berechnet. Sind diese gleich Null, so wird die Nullhypothese angenommen bzw. die Arbeitshypothese verworfen (Bortz & Döring 2002:497f). In dem Fall der vorliegenden Daten würde das bedeuten, dass es keinen statistisch messbaren Unterschied zwischen den kontrastierenden Domänen gibt.

Allgemeines Lineares Modell – Univariat

Die berechneten Mittelwerte für die einzelnen Domänen und einzelne Versuchspersonen wurden paarweise (Domäne 1 vs. Domäne 2) durch ein Allgemeines lineares Modell – Univariat auf statistische Signifikanz geprüft. Dieses Modell kombiniert Varianz- und Regressionsanalysen miteinander. Dabei kann die Nullhypothese ($H_0 =$ "Es besteht kein Unterschied zwischen der Domäne 1 und der Domäne 2") zurückgewiesen werden, wenn die Mittelwerte der abhängigen Variablen signifikant unterschiedlich sind (Brosius 2004: 613). Das Allgemeine lineare Modell – Univariat verfährt prinzipiell wie die ANOVA, indem es den Einfluss unabhängiger Variablen auf die Mittelwerte der abhängigen Variable testet. Bei dem hier verwendeten Modell können allerdings zusätzlich Parameterschätzungen vorgenommen werden, die diesen Mittelwertsunterschied quantifizieren (Brosius 2004: 613f). Außerdem ist es bei diesem Modell möglich, die Fallgewichtungen mit in die Berechnungen einzubeziehen. Da bei der Erhebung der EEG-Daten die Anzahl der verwertbaren Stimulusreaktionen durch Zurückweisung von Muskelartefakten unterschiedlich ist, gehen verschieden viele Einzeldaten in den Mittelwert über eine Domäne einer Versuchsperson ein. Somit entsteht eine Varianzheterogenität, die nicht ohne weiteres missachtet werden kann, wie es beim Wilcoxon-Test geschieht (Kauermann und Windmann [StatBeCe], persönl. Mitteilung). Daher wurden die Angaben, wie viele Einzeldaten in ein Datum (Mittelwert aller Stimuli aus einer Domäne pro Versuchsperson) eingegangen sind, in das Modell eingefügt und beachtet.

Daher wurden über den Wilcoxon Test hinaus noch die Daten mittels einer Regressionsanalyse berechnet. Die Regressionsanalyse erlaubt eine Aussage sowohl über die Stärke und die Art von Korrelationen zwischen zwei Stichproben. Es wurde folgendes Modell gewählt:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + a_i + \varepsilon_{ij}$$

mit $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ $\sigma_{ij}^2 = \sigma^2 / m_{ij}$

Y_{ij} beschreibt die Messung am i -ten Individuum unter j -ter Konstellation (in diesem Fall Domäne) mit $j = 0$ (z.B. belebt) und 1 (z.B. unbelebt), β_j beschreibt den Parameter von Interesse (Elektrode) und a_i den zufälligen individuenspezifischer Effekt (in diesem Fall die Versuchspersonen). In dieses Modell wird wegen der Varianzheterogenität noch eine Variable $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ $\sigma_{ij}^2 = \sigma^2 / m_{ij}$ implementiert, die die WLA Gewichtung (*weighted least square* = Fallgewichtung) mit einbezieht.

Somit ergibt sich ein univariates allgemeines lineares Modell (ALM = allgemeines lineares Modell oder GLM = *general linear model*). Durch diese Art der statistischen Datenanalyse ist es nicht nur möglich, eine Aussage darüber zu treffen, ob zwei verschiedene Stichproben unterschiedliche Merkmalsausprägungen aufweisen, d.h. ob sie sich signifikant voneinander unterscheiden (Bortz 2005:233), sondern es ist auch anders als bei anderen Varianzanalysen möglich, eine genaue Datengewichtung mit einzubringen.

8.3 Domänenvergleiche

Das Experiment besteht aus zwei Bedingungen: der akustischen Präsentation von Nomen verschiedenen Domänen und der visuellen Präsentation von Nomen verschiedener Domänen in Form von Bildern.

In der akustischen Bedingung wurden folgende Domänen kontrastiert:

- A Nomen, die **belebte** Objekte beschreiben (z.B. Hase, Junge, Katze) vs. Nomen, die **unbelebte** Objekte beschreiben (z.B. Kette, Paket, Pflaster),
- B Nomen, die **essbare** Objekte beschreiben (z.B. Apfel Birne Ente) vs. Nomen, die **nicht essbare** Objekte beschreiben (z.B. Ampel, Becher, Brille),
- C Nomen, die stärker **sensorisch** repräsentierte Objekte beschreiben (z.B. Flöte, Geige, Nelke) vs. Nomen, die stärker **funktional** repräsentierte Objekte beschreiben (z.B. Anker, Besen, Hammer),
- D Nomen, die **natürliche** Objekte beschreiben (z.B. Affe, Auge, Kiwi) vs. Nomen, die **künstliche** Objekte beschreiben (z.B. Hütte, Kamin, Trommel),
- E Nomen, die **zählbare** Objekte beschreiben (z.B. Lampe, Knochen, Schraube) vs. Nomen, die **nicht zählbare** Objekte beschreiben (z.B. Butter, Granit, Leder),
- F sowie **Hyperonyme** (z.B. Gebäck, Speise, Fahrzeug) vs. **Hyponyme** (z.B. Flasche, Hose, Jacke).

In der visuellen Bedingung reduzierte sich wegen der mangelnden Abbildbarkeit die Zahl der zu kontrastierenden Paare:

- G Bilder von **belebten** Objekten (z.B. Kamel, Lippe, Pfote) vs. Bilder von **unbelebten** Objekten (z.B. Rahmen, Ordner, Mofa),
- H Bilder von **essbaren** Objekten (z.B. Kürbis, Zwiebel, Weizen) vs. Bilder von **nicht essbaren** Objekten (z.B. Brille, Vase, Pinsel),
- I Bilder von stärker **sensorischen** repräsentierten Objekten (z.B. Sonne, Rose, Zebra) vs. Bilder von stärker **funktional** repräsentierten Objekten (z.B. Zange, Messer, Löffel),
- J sowie Bilder von **natürlichen** (z.B. Fenchel, Taube, Plätzchen) Objekten vs. Bilder von **künstlichen** Objekten (z.B. Zeitung, Bagger, Ofen).

Die folgenden Abbildungen zeigen Grand Averages der Amplitudenverläufe in verschiedenen Darstellungen (Head View und Single Electrode) und an verschiedenen Ableitelektroden. Die Amplitudenmaxima und -minima sind an der Elektrode CZ stets deutlich zu erkennen, daher ist jedem Domänenvergleich eine Abbildung des Amplitudenverlaufs an dieser Elektrode beigelegt.

Die Differenzen der gemittelten Amplitudenwerte in der akustischen Bedingung sind in den folgenden Abbildungen aufgezeigt (Abbildung 27 bis 53).

A Akustisch präsentierte Nomen – Vergleich von Nomen **belebter** vs. **unbelebter** Objekte

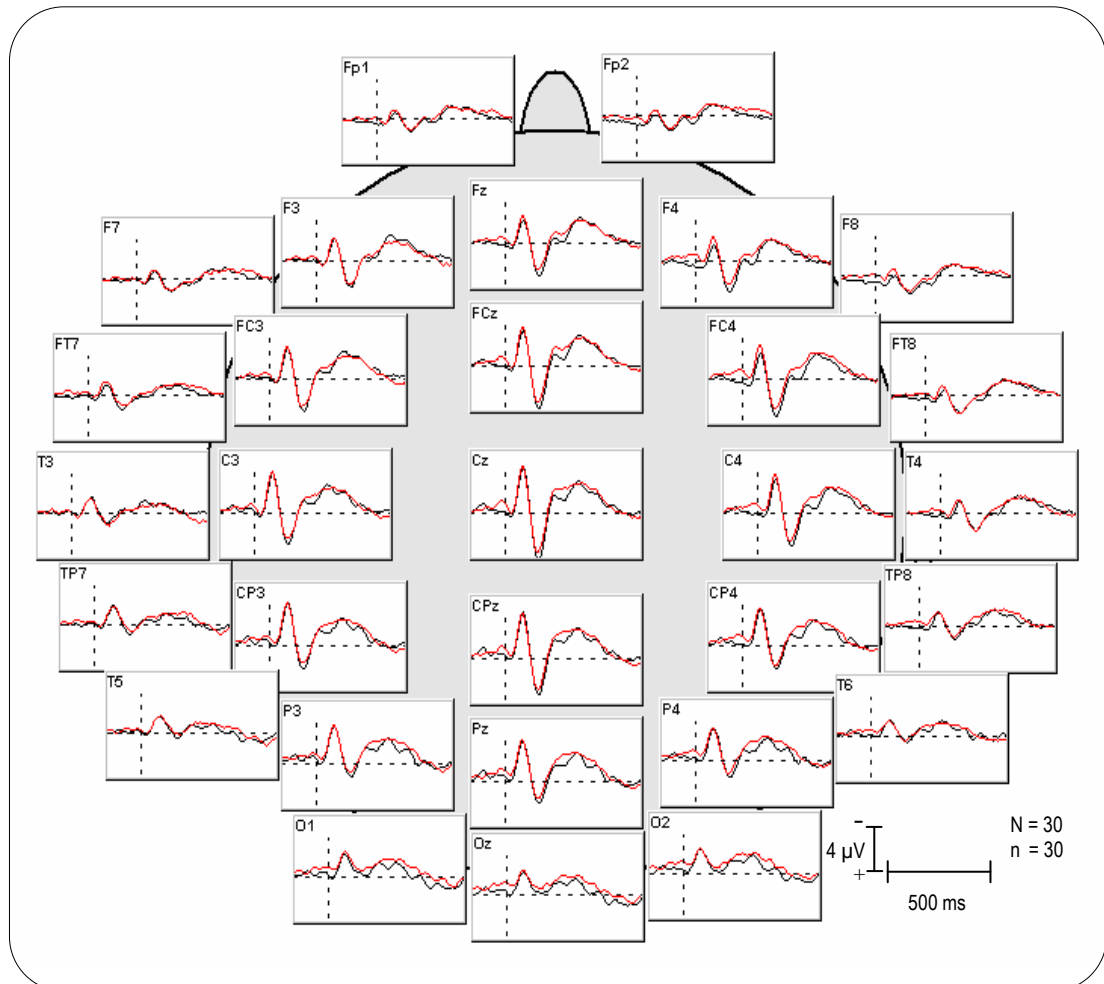


Abb. 27: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitungsstellen in einem Kopfschema.

Die Unterschiede in den gemittelten Amplitudenverläufen von 30 Versuchspersonen zwischen den Domänen *Nomen belebter Objekte* vs. *Nomen unbelebter Objekte* zeigen sich in den zentralen Elektroden (Fz, FCz, Cz, CPz, Cz, Pz) sowie rechts frontal-parietal (FC4, C4, CP4, P4). Für beide Domänen wurden jeweils 30 Stimuli präsentiert. Insgesamt sind die Unterschiede jedoch gering und beschränken sich auf den Zeitraum um 300 ms. In dem Zeitfenster zwischen 250 ms und 350 ms bewirkt die akustische Präsentation von zweisilbigen Nomen unbelebter Objekte eine

stärkere Negativierung im Vergleich zur akustischen Präsentation zweisilbiger Nomen belebter Objekte.

Die folgenden Abbildungen (Abb. 28 und Abb. 29) zeigen die Amplitudenverläufe der Kontrastpaare an einzelnen Elektroden.

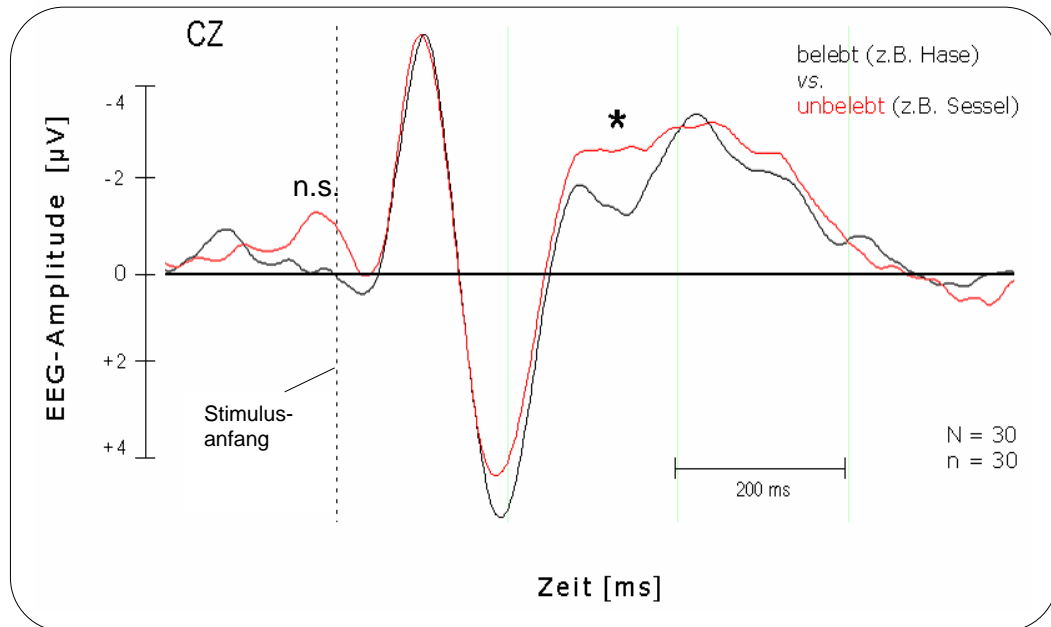


Abb. 28: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

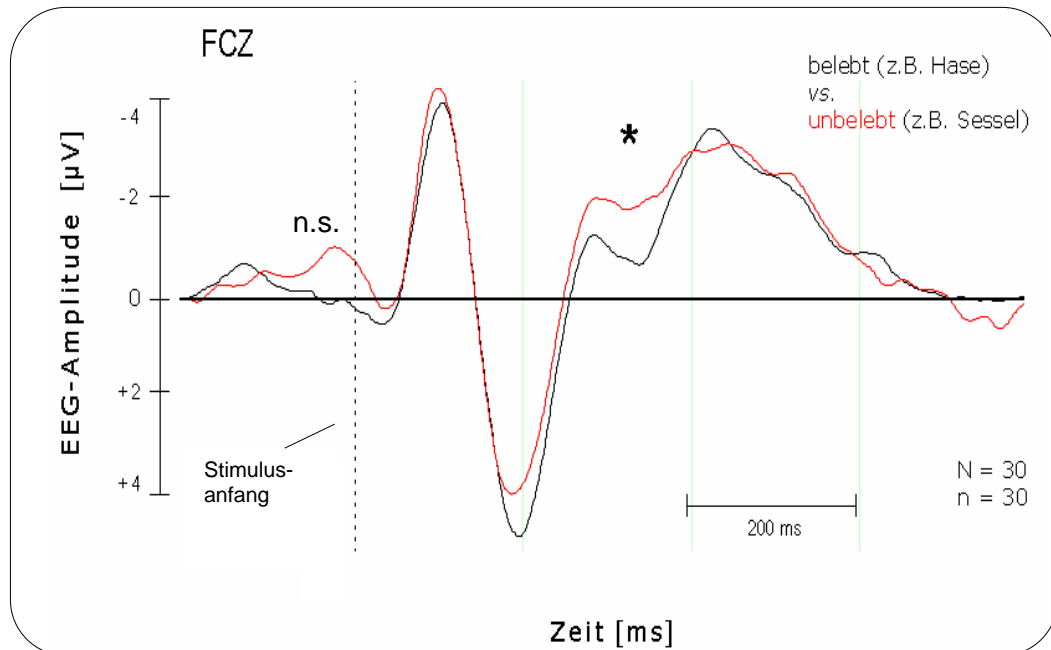


Abb. 29: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode FCZ.

Die beiden oben stehenden Abbildungen zeigen den gemittelten Amplitudenverlauf von 30 Versuchspersonen an den Elektroden CZ (Abb. 28) und FCZ (Abb. 29) für die Domänen *belebt* und *unbelebt* mit jeweils 30 Stimuli. Der größte Unterschied in den Amplituden der beiden Domänen wird um 300 ms nach Wortanfang deutlich. Die Ergebnisse der statistischen Untersuchung belegen in diesem Zeitfenster einen signifikanten Unterschied in den zentralen und rechts parietalen Elektroden.

Tabelle 13 zeigt die *p*-Werte der statistischen Analyse des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt*.

Tabelle 13: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung) für den Domänenvergleich *belebt* vs. *unbelebt*; 30 akustisch präsentierten Nomen von 30 Versuchspersonen pro Domäne.

belebt vs. <i>unbelebt</i>	Zeitfenster [ms]			
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500
Fp1	-	-	-	-
Fp2	-	-	-	-
F3	-	-	-	-
F4	-	-	-	-
C3	-	-	-	-
C4	-	-	0,046	-
P3	-	-	-	-
P4	-	-	-	-
O1	-	-	-	-
O2	-	-	-	-
F7	-	-	-	-
F8	0,004	-	-	-
T3	-	-	-	-
T4	-	-	-	-
T5	-	-	-	-
T6	-	-	-	-
Cz	-	-	0,043	-
FZ	-	-	0,047	-
PZ	-	-	-	-
Fcz	-	-	0,037	-
Cpz	-	-	-	-
Cp3	-	-	-	-
Cp4	-	-	-	-
Fc3	-	-	-	-
Fc4	-	-	0,033	-
TP7	-	-	-	-
TP8	-	-	-	-
FT8	-	-	-	-
Oz	-	-	-	-
FT7	-	-	-	-

B Akustisch präsentierte Nomen – Vergleich von Nomen **essbarer** vs. **nicht essbarer** Objekte

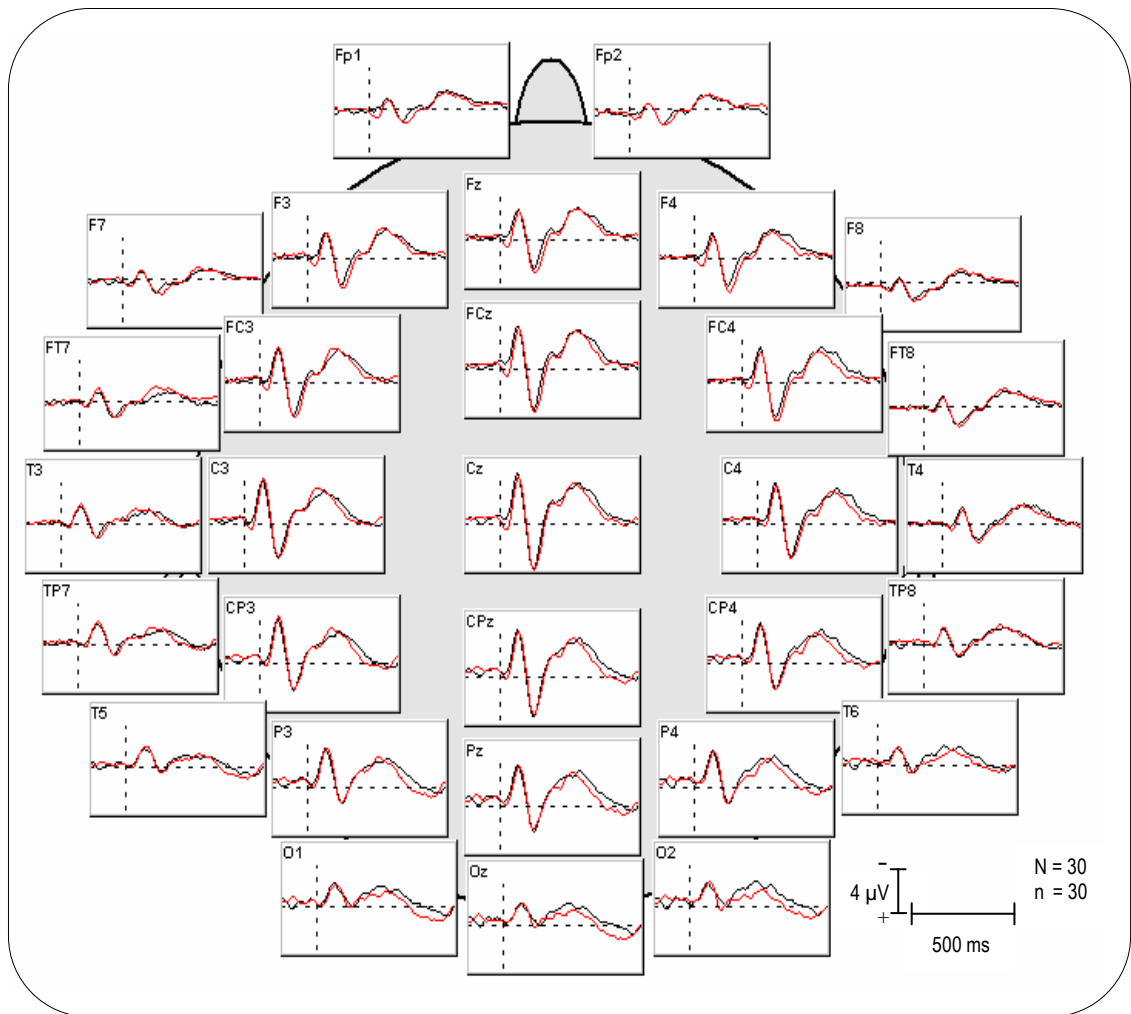


Abb. 30: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *essbar* vs. *nicht essbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Die Amplitudenverläufe von 30 Versuchspersonen der Domänen *Nomen essbarer Objekte* vs. *Nomen nicht essbarer Objekte* zeigen keine signifikanten Unterschiede.

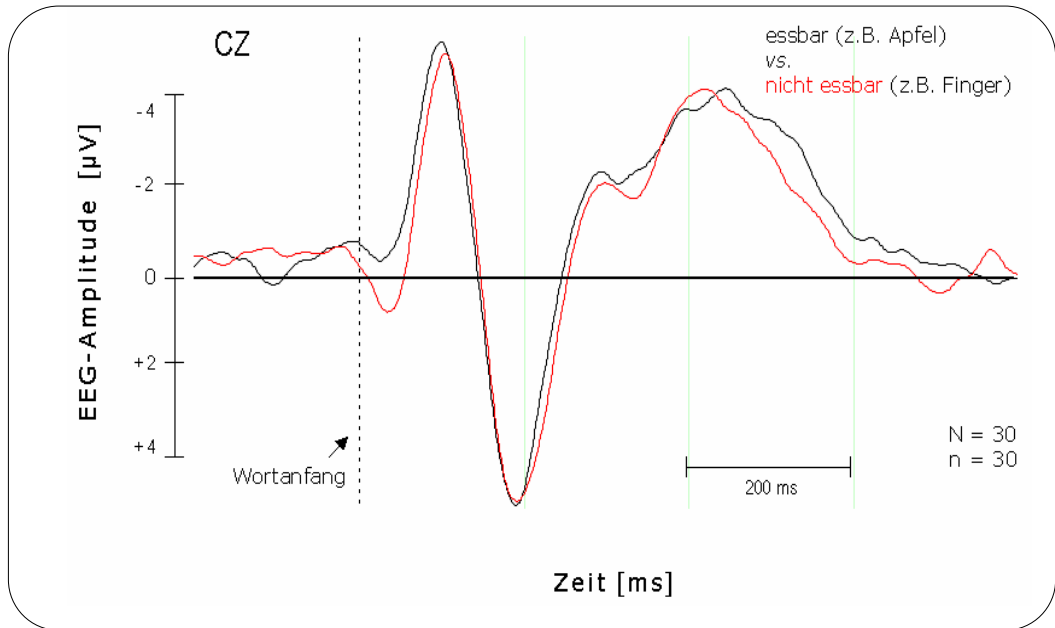


Abb. 31: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *essbar* vs. *nicht essbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

Die gemittelten Amplitudenverläufe von 30 Versuchspersonen an der Elektrode CZ zeigen nur sehr geringe, nicht signifikante Unterschiede für den Domänenvergleich *Nomen essbarer Objekte* vs. *Nomen nicht essbarer Objekte*.

C Akustisch präsentierte Nomen – Vergleich von Nomen stärker **sensorisch** repräsentierter vs. stärker **funktional** repräsentierter Objekte

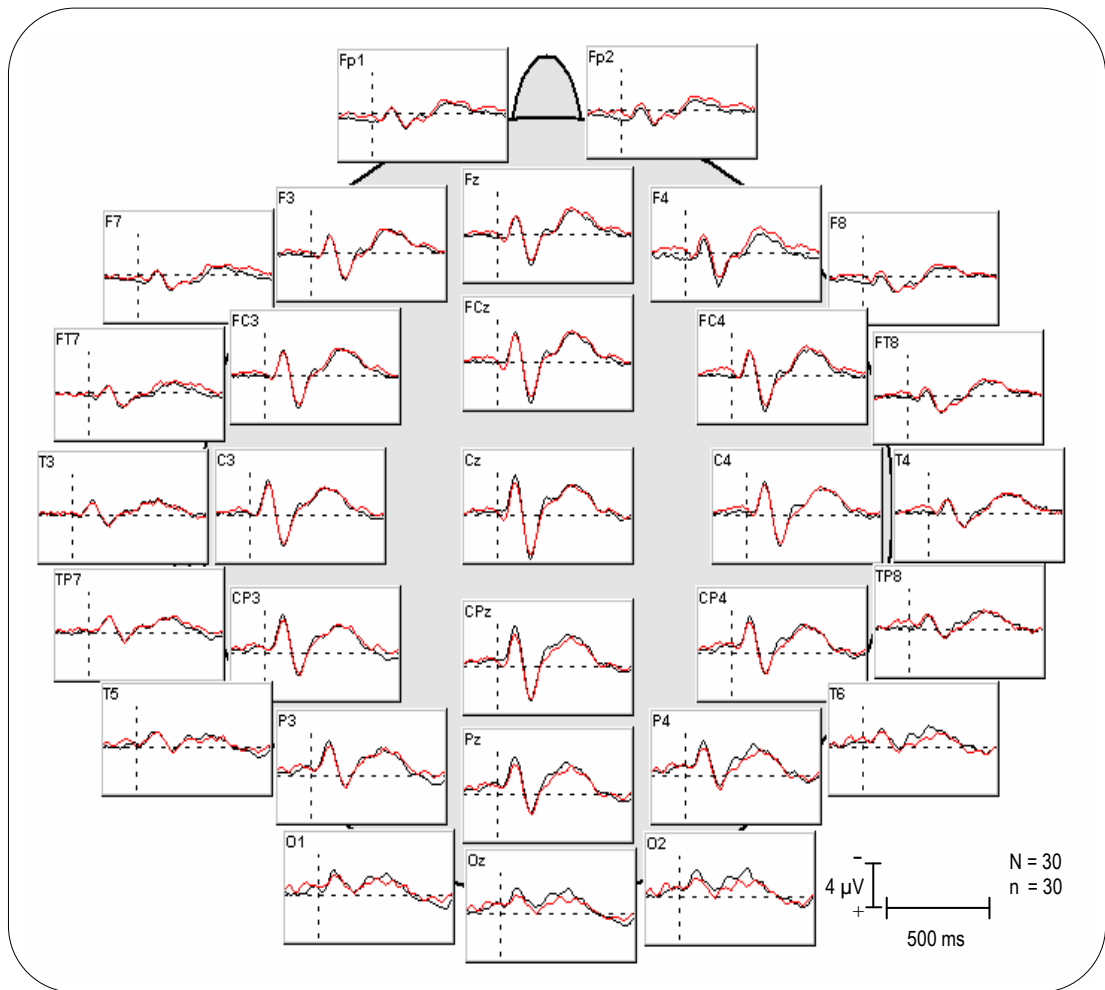


Abb. 32: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *sensorisch* vs. *funktional* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Die Amplitudenverläufe von 30 Versuchspersonen der Domänen *Nomen stärker sensorisch repräsentierter Objekte* vs. *Nomen stärker funktional repräsentierter Objekte* zeigen keine signifikanten Unterschiede.

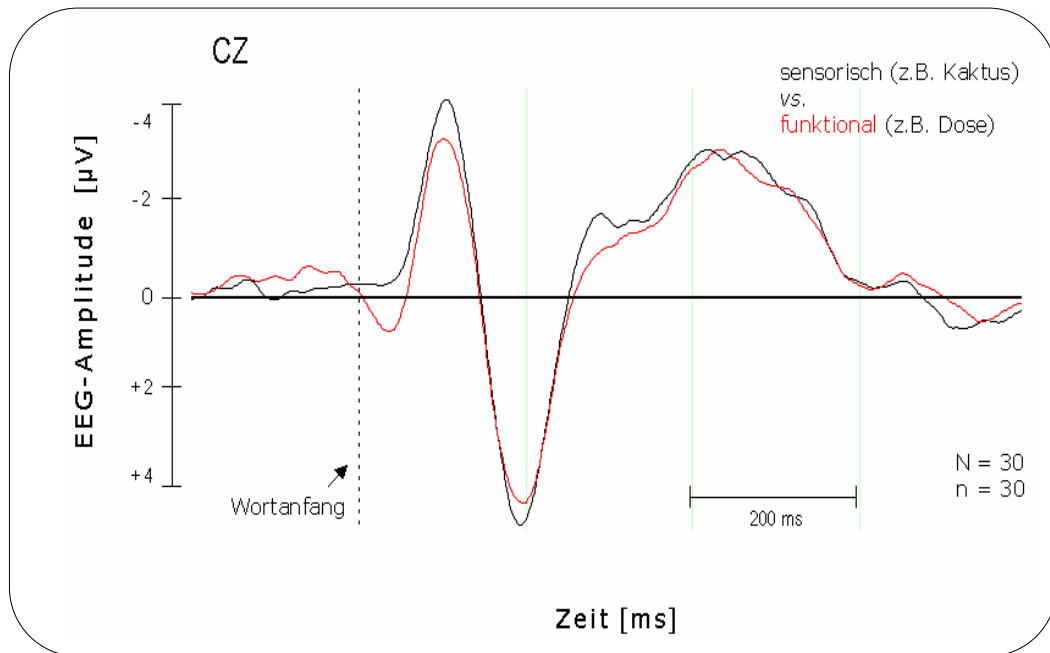


Abb. 33: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *sensorisch* vs. *funktional* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

Die Unterschiede der gemittelten Amplitudenverläufe von 30 Versuchspersonen an der Elektrode CZ für den Domänenvergleich *Nomen stärker sensorisch repräsentierter Objekte* vs. *Nomen stärker funktional repräsentierter Objekte* sind nur sehr schwach und nicht signifikant.

D Akustisch präsentierte Nomen – Vergleich von Nomen **natürlicher** vs. **künstlicher** Objekte

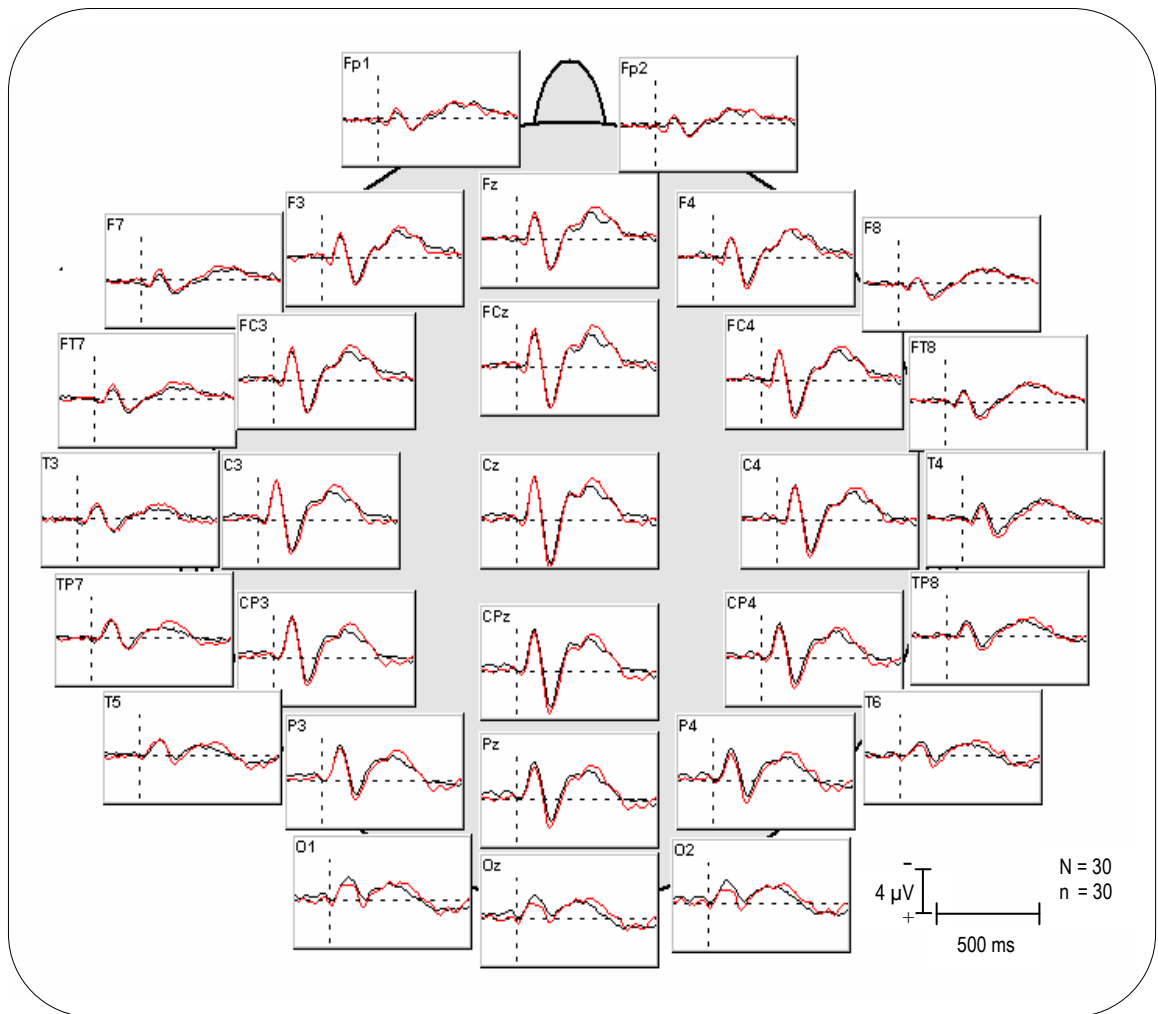


Abb. 34: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *natürlich* vs. *künstlich* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Die Amplitudenverläufe von 30 Versuchspersonen der Domänen *Nomen natürlicher Objekte* vs. *Nomen künstlicher Objekte* sind sich sehr ähnlich und zeigen lediglich geringe Unterschiede in den frontal-zentralen Elektroden im Zeitfenster von 350 ms bis 450 ms.

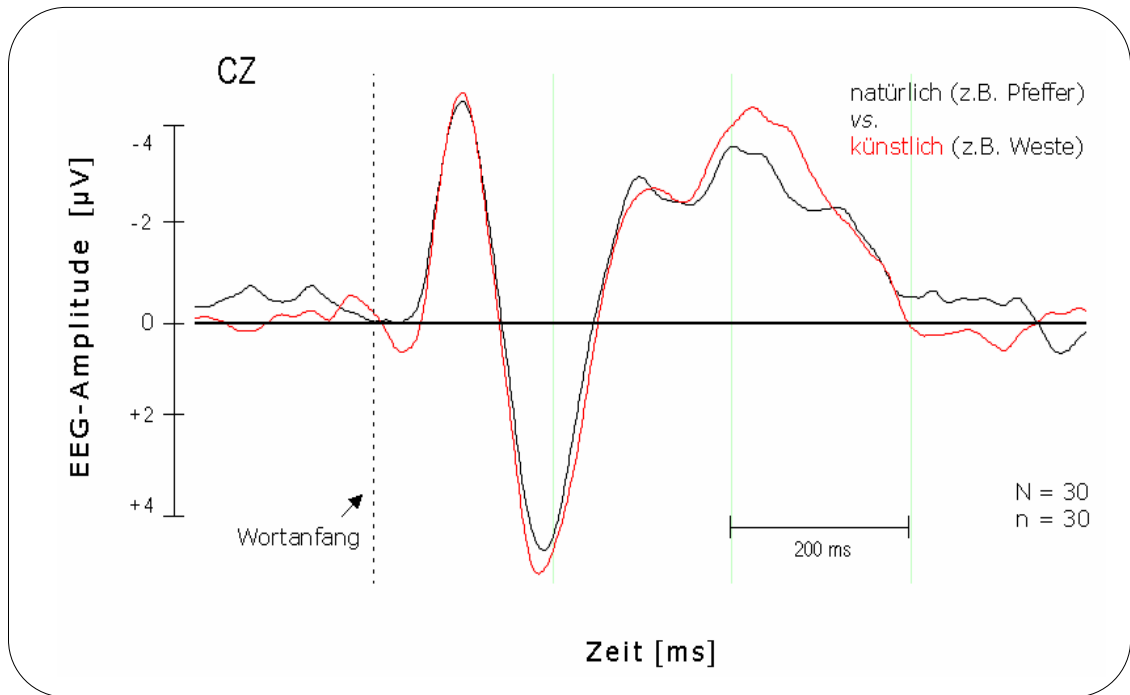


Abb. 35: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *natürlich* vs. *künstlich* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

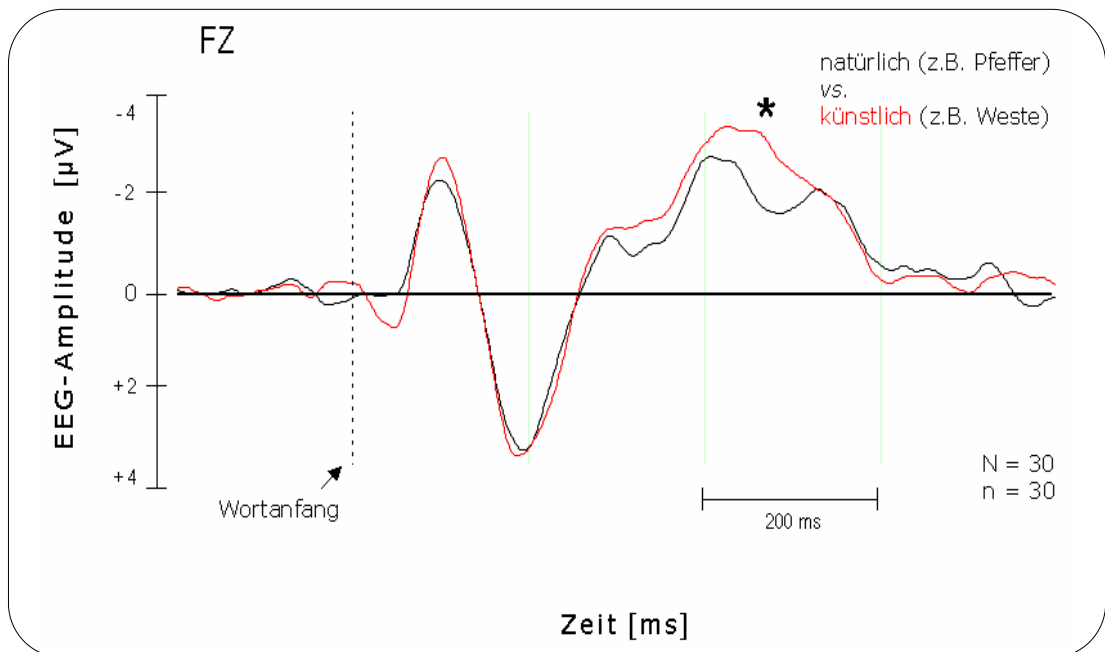


Abb. 36: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *natürlich* vs. *künstlich* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode FZ.

Die obere Abbildung (Abb. 35) zeigt den gemittelten Amplitudenverlauf von 30 Versuchspersonen an den Elektroden CZ, die untere (Abb. 36) den an der Elektrode FZ für den Domänenvergleich *Nomen natürlicher Objekte* vs. *Nomen künstlicher Objekte* mit jeweils 30 Stimuli. Die signifikanten Unterschiede sind sehr gering und beschränken sich auf die Messungen an den Elektroden FZ und FCZ zwischen 350 und 450 ms nach Wortbeginn.

Die folgende Tabelle zeigt die *p*-Werte der statistischen Analyse des Domänenvergleichs *natürlich* vs. *künstlich*.

Tabelle 14: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung für den Domänenvergleich *natürlich* vs. *künstlich* der akustisch präsentierten Nomen.

natürlich vs. künstlich	Zeitfenster [ms]			
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500
Fp1				
Fp2	-	-	-	-
F3	-	-	-	-
F4	-	-	-	-
C3	-	-	-	-
C4	-	-	-	-
P3	-	-	-	-
P4	-	-	-	-
O1	-	-	-	-
O2	-	-	-	-
F7	-	-	-	-
F8	-	-	-	-
T3	-	-	-	-
T4	-	-	-	-
T5	-	-	-	-
T6	-	-	-	-
Cz	-	-	-	-
FZ	-	-	-	0,046
PZ	-	-	-	-
Fcz	-	-	-	0,030
Cpz	-	-	-	-
Cp3	-	-	-	-
Cp4	-	-	-	-
Fc3	-	-	-	-
Fc4	-	-	-	-
TP7	-	-	-	-
TP8	-	-	-	-
FT8	-	-	-	-
Oz	-	-	-	-
FT7	-	-	-	-

E Akustisch präsentierte Nomen – Vergleich von Nomen **zählbarer** vs. **nicht zählbarer** Objekte

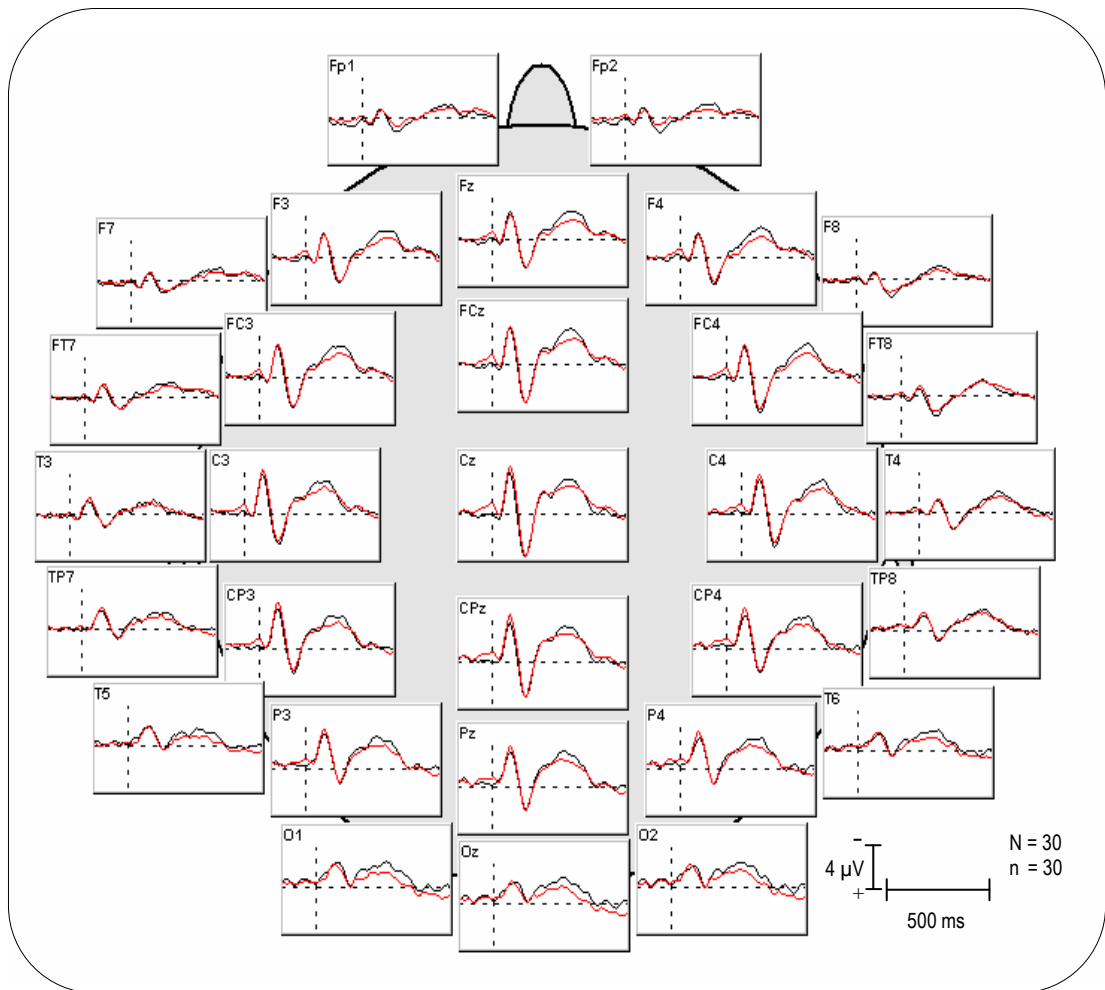


Abb. 37: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *zählbar* vs. *nicht zählbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Die Amplitudenverläufe von 30 Versuchspersonen der Domänen *Nomen zählbarer Objekte* vs. *Nomen nicht zählbarer Objekte* weisen geringe Unterschiede in den frontal-zentralen Elektroden im Zeitfenster von 350 ms bis 450 ms in der rechten Hemisphäre sowie in den frontal-zentralen Elektroden auf. Die Präsentation von Nomen zählbarer Objekte ruft eine höhere Negativierung hervor.

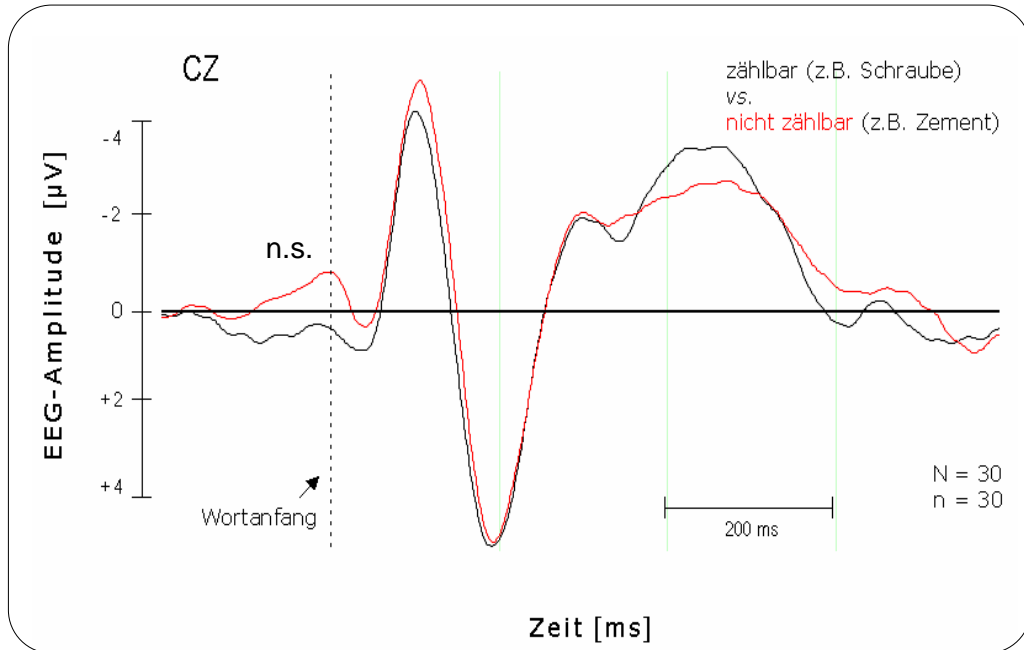


Abb. 38: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *zählbar* vs. *nicht zählbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

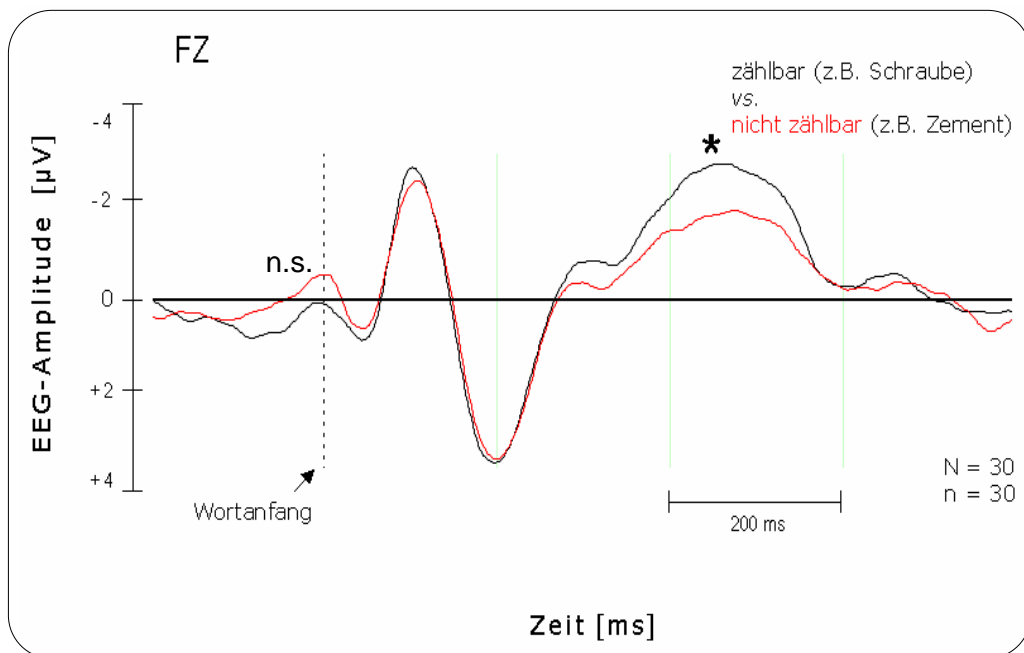


Abb. 39: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *zählbar* vs. *nicht zählbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode FZ.

Die beiden oben stehenden Abbildungen stellen den gemittelten Amplitudenverlauf von 30 Versuchspersonen an den Elektroden CZ (Abb. 38) und FCZ (Abb. 39) für die Domänen zählbar und nicht zählbar mit jeweils 30 Stimuli dar. Der größte Unterschied in den Amplituden der beiden Domänen wird um ca. 450 ms nach Wortanfang deutlich. Die Ergebnisse der statistischen Untersuchung belegen in diesem Zeitfenster einen signifikanten Unterschied in den fronto-zentralen und einigen rechtshemisphärischen Elektroden.

Die folgende Tabelle zeigt die p -Werte der statistischen Analyse des Domänenvergleichs *zählbar* vs. *nicht zählbar*.

Tabelle 15: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung für den Domänenvergleich *zählbar* vs. *nicht zählbar* der akustisch präsentierten Nomen.

zählbar vs. nicht zählbar	Zeitfenster [ms]			
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500
Fp1				
Fp2	-	-	-	-
F3	-	-	-	-
F4	-	-	-	-
C3	-	-	-	-
C4	-	-	-	-
P3	-	-	-	-
P4	-	-	-	-
O1	-	-	-	-
O2	-	-	-	-
F7	-	-	-	-
F8	-	-	-	-
T3	-	-	-	-
T4	-	-	-	-
T5	-	-	-	-
T6	-	-	-	0,039
Cz	-	-	-	-
FZ	-	-	-	0,016
PZ	-	-	-	-
Fcz	-	-	-	0,019
Cpz	-	-	-	-
Cp3	-	-	-	-
Cp4	-	-	-	0,046
Fc3	-	-	-	-
Fc4	-	-	-	0,038
TP7	-	-	-	-
TP8	-	-	-	-
FT8	-	-	-	-
Oz	-	-	-	-
FT7	-	-	-	-

F Vergleich von **Hyperonymen** vs. **Hyponymen**

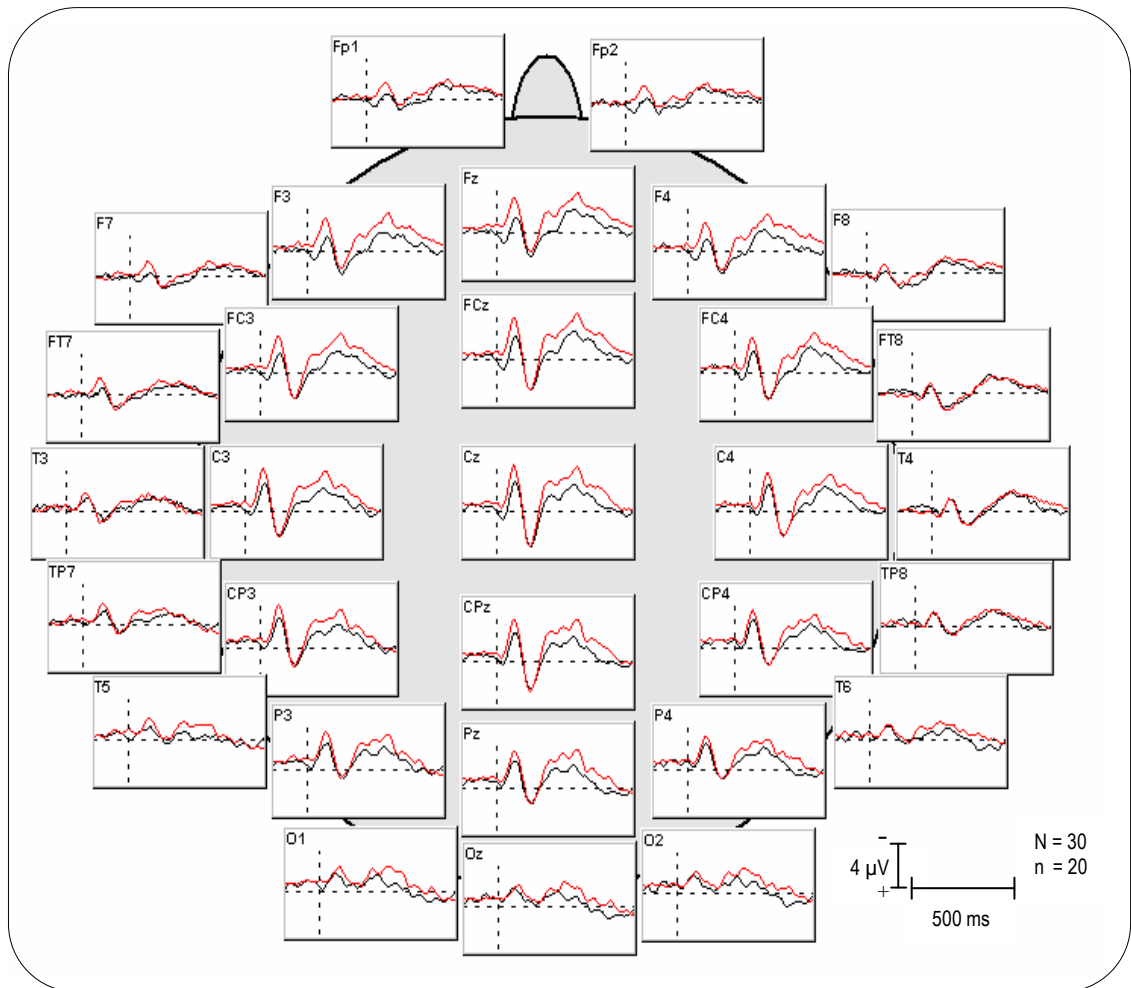


Abb. 40: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *Hyponym* vs. *Hyperonym* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Der Vergleich zwischen den linguistischen Hierarchien Hyperonym (Oberbegriff) vs. Hyponym (Unterbegriff) mit je 20 Stimuli zeigt die größten Unterschiede in den Amplitudenverläufen des Grand Averages über 30 Versuchspersonen in der akustischen Bedingung. Die akustische Präsentation der Hyperonyme ruft über alle zentralen, parietalen und okzipitalen Kortextareale eine höhere und andauernde Negativierung im Vergleich zur der Präsentation von Hyponymen bereits unmittelbar nach Wortanfang sowie ab ca. 250 ms danach bis über das Artikulationsende hinaus hervor.

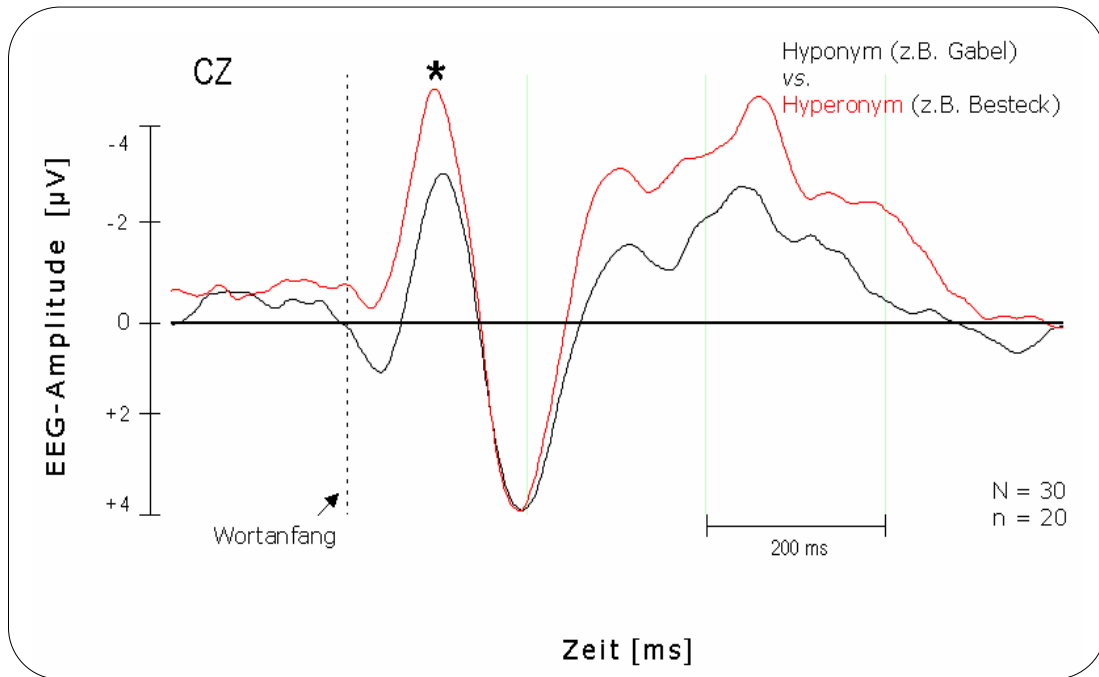


Abb. 41: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *Hyponym* vs. *Hyperonym* (jeweils 20 Stimuli) von 30 Versuchspersonen. Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

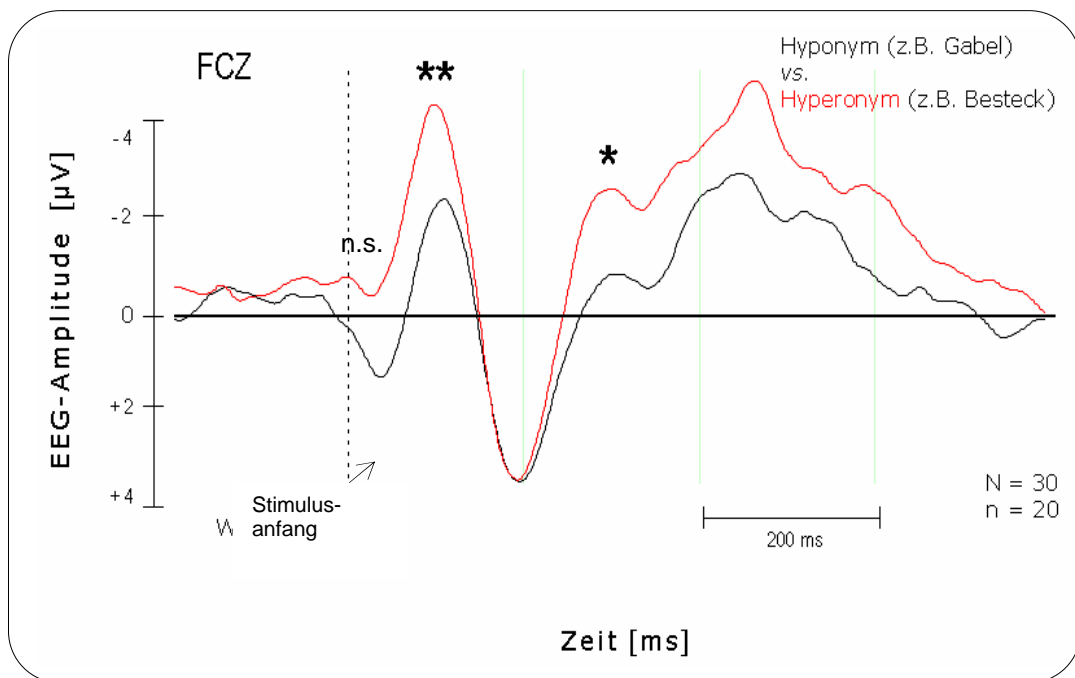


Abb. 42: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *Hyponym* vs. *Hyperonym* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode FCZ.

Die stärksten Unterschiede zwischen den Peaks zeigen sich bei die Vergleich zwischen den beiden lexikalischen Hierarchien Hyperonym vs. Hyponym. An den Darstellung der Grand Average-Amplitudenverläufe über 30 Versuchspersonen an den Elektroden CZ (Abb. 41) und FCZ (Abb. 42) ist die höhere Negativierung, die die Präsentation der Hyperonyme hervorruft, deutlich erkennbar. Während im Zeitfenster um 200 ms die Amplitudenverläufe der beiden Grand Averages nahezu identisch sind, unterscheiden sich die gemittelten Werte im Zeitfenster von 75 ms bis 125 ms sowie ab 250 nach Wortbeginn stark.

Die *p*-Werte der statistischen Analyse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 16 Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung für den Domänenvergleich *Hyperonym vs. Hyponym* der akustisch präsentierten Nomen.

Hyponym- Hyperonym	Zeitfenster [ms]			
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500
Fp1	0,013	-	-	-
Fp2	0,001	-	-	-
F3	0,002	-	0,027	0,026
F4	0,009	-	0,009	-
C3	0,023	-	-	-
C4	0,037	-	0,035	-
P3	0,031	-	-	-
P4	0,045	-	-	-
O1	-	-	-	-
O2	-	-	-	-
F7	0,043	-	-	-
F8	-	-	-	-
T3	-	-	-	-
T4	-	-	-	-
T5	-	-	-	-
T6	-	-	0,049	-
Cz	0,021	-	-	-
FZ	0,003	-	0,008	-
PZ	0,032	-	-	-
Fcz	0,008	-	0,026	-
Cpz	0,037	-	-	-
Cp3	-	-	-	-
Cp4	0,045	-	-	-
Fc3	0,005	-	-	0,044
Fc4	0,017	-	0,023	-
TP7	-	-	-	-
TP8	-	-	-	-
FT8	-	-	-	-
Oz	-	-	-	-
FT7	-	-	-	-

Insgesamt waren die Domänenunterschiede in der visuellen Bedingung größer als in der akustischen Bedingung. Dies zeigte sich in den sichtbar größeren Unterschieden zwischen den gemittelten Amplituden sowie in der höheren Anzahl signifikanter Ergebnisse für jeden Domänenvergleich.

G Visuell präsentierte Nomen/Bilder – Vergleich von Bildern **belebter** Objekte vs. Bildern **unbelebter** Objekte

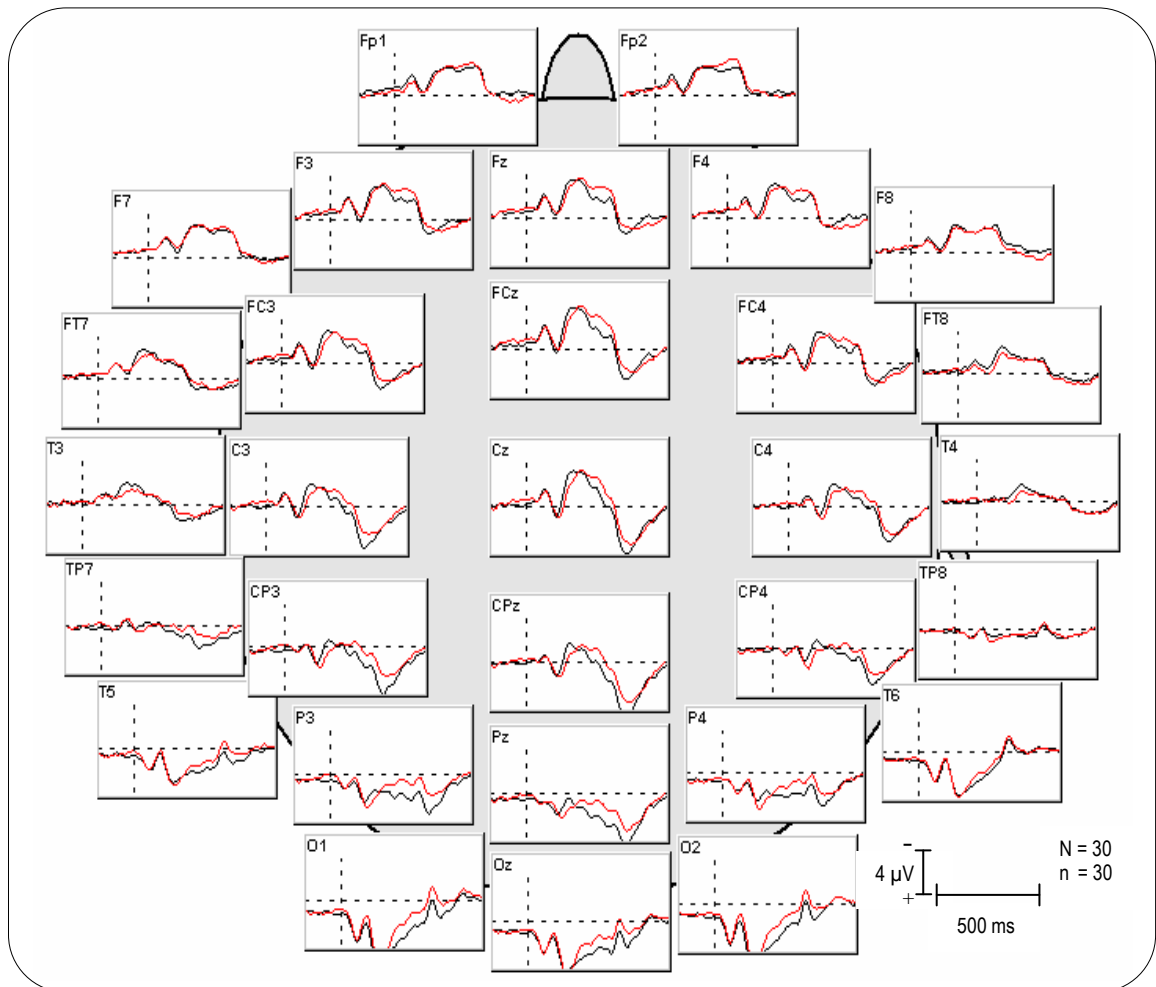


Abb. 43: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Der Vergleich der gemittelten Amplitudenwerte von jeweils 30 Stimuli pro Domäne und 30 Versuchspersonen zeigt große Differenzen in den zentralen, parietalen und frontalen Bereichen ab ca. 400 ms nach Wortbeginn.

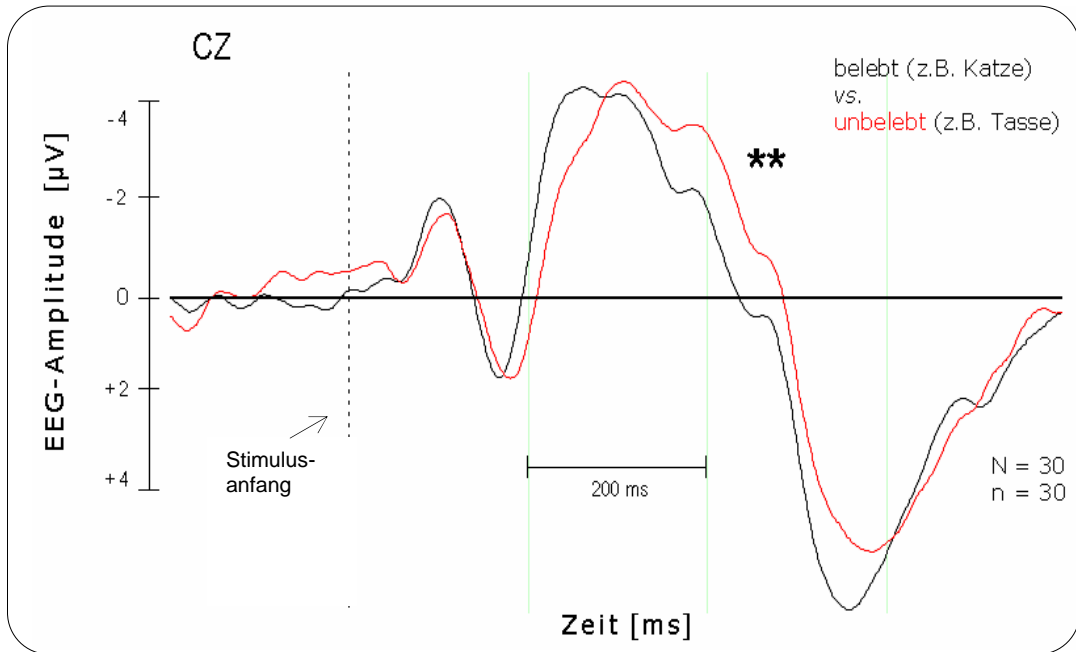


Abb. 44: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

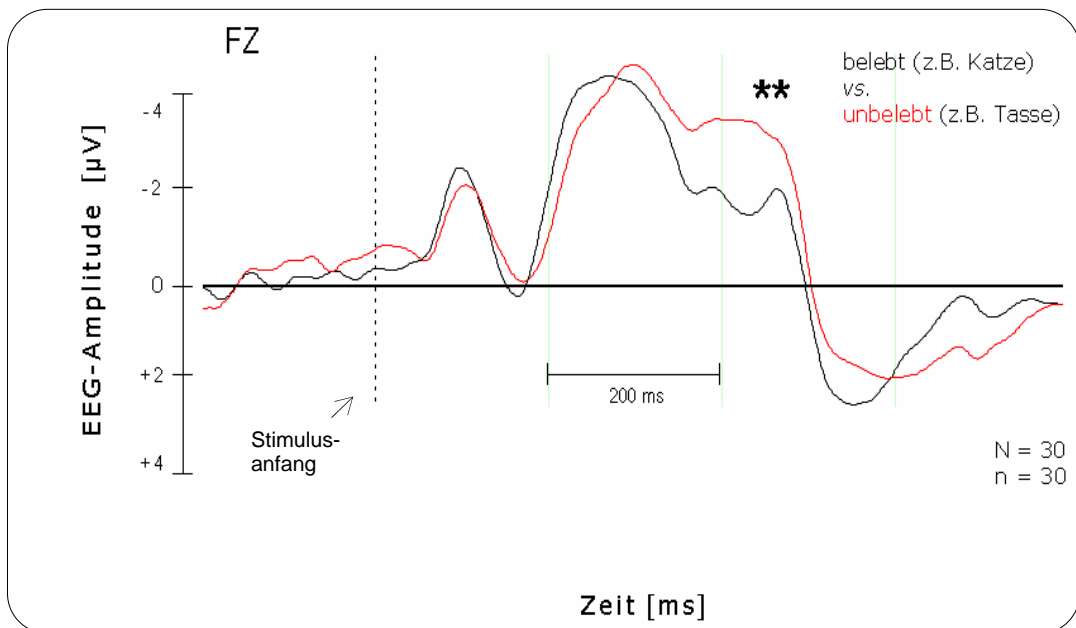


Abb. 45: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode FZ.

Die Grand Averages an den Elektroden CZ (Abb. 44) und FZ (Abb. 45) weisen die größten Unterschiede zwischen den beiden Domänen um 450 ms nach Wortanfang auf. Die *p*-Werte der z.T. hochsignifikanten Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 17: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung) für den Domänenvergleich *belebt* vs. *unbelebt* der visuell präsentierten Nomen/Bilder.

belebt vs. unbelebt	Zeitfenster [ms]				
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500	500-600
Fp1					
Fp2	-	-	-	0,014	-
F3	-	-	-	0,001	-
F4	-	-	-	0,024	-
C3	-	-	-	0,015	0,005
C4	-	-	-	0,024	-
P3	-	-	-	0,005	0,003
P4	-	-	-	0,020	-
O1	-	-	0,030	-	-
O2	-	-	0,040	-	-
F7	-	0,028	-	0,039	-
F8	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-
T4	-	-	0,030	-	-
T5	-	-	-	-	-
T6	0,044	-	-	-	-
Cz	-	-	-	0,005	-
FZ	-	-	-	0,001	-
PZ	-	-	-	0,002	0,011
Fcz	-	-	-	0,001	-
Cpz	-	-	-	0,002	0,013
Cp3	-	-	-	0,010	0,001
Cp4	-	-	-	0,025	0,046
Fc3	-	-	-	0,005	-
Fc4	-	-	-	0,017	-
TP7	-	-	-	-	0,018
TP8	-	-	-	-	-
FT8	-	-	0,031	-	-
Oz	-	-	-	-	-
FT7	-	-	-	-	-

H Visuell präsentierte Nomen/Bilder – Vergleich von Bildern **essbarer** Objekte vs. Bildern **nicht essbarer** Objekte

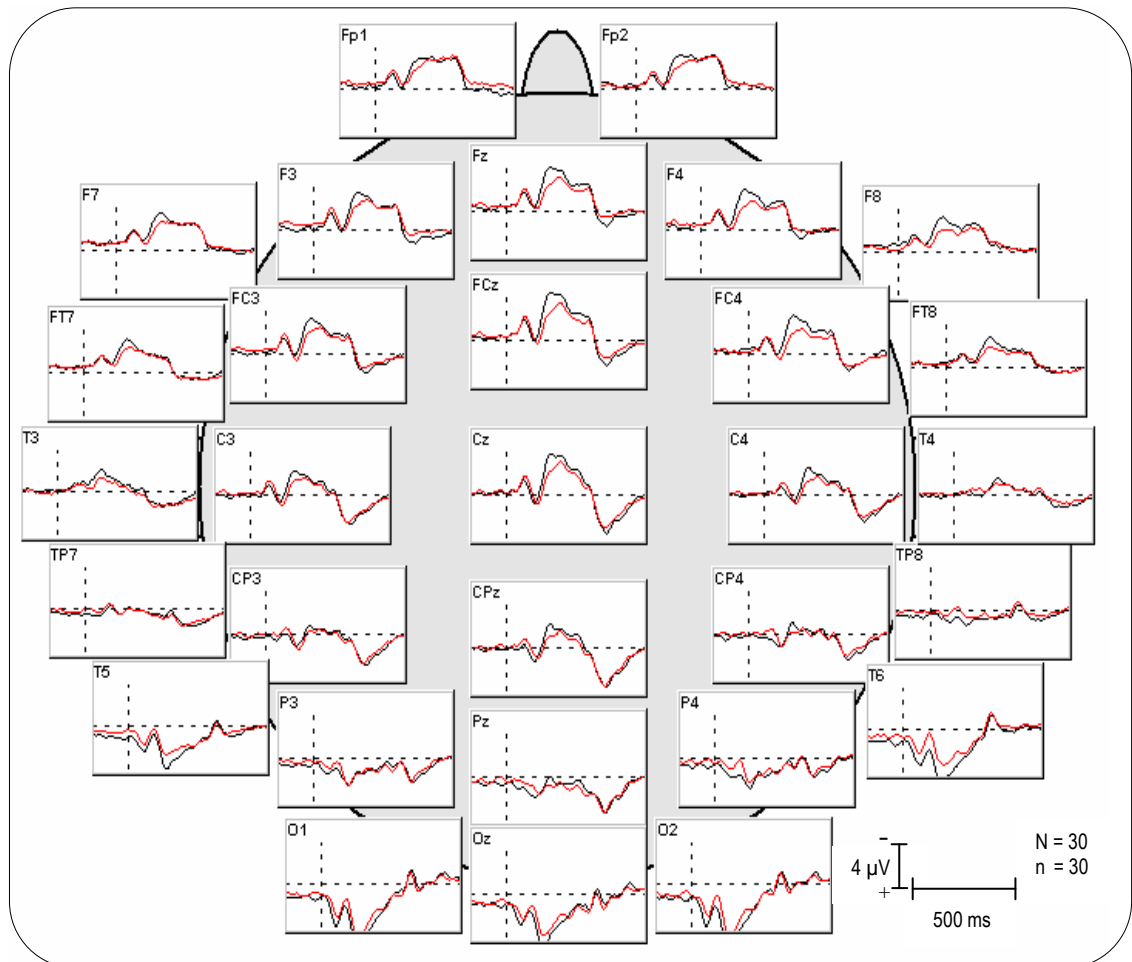


Abb. 46: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *essbar* vs. *nicht essbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitелеktroden in einem Kopfschema.

Der Grand Average über 30 Versuchspersonen des Vergleichs von Bildern essbarer Objekte vs. Bildern nicht essbarer Objekte macht die frühen Unterschiede bereits bis 225 ms nach Wortbeginn in zentralen und fronto-parietalen Ableitorten deutlich. Die Amplitudenverläufe ähneln denen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* in der visuellen Bedingung, wobei der Amplitudenverlauf, der aus der Präsentation der Bilder *belebter Objekte* resultiert, dem Amplitudenverlauf der Präsentation der Bilder *essbarer Objekte* Bilder entspricht.

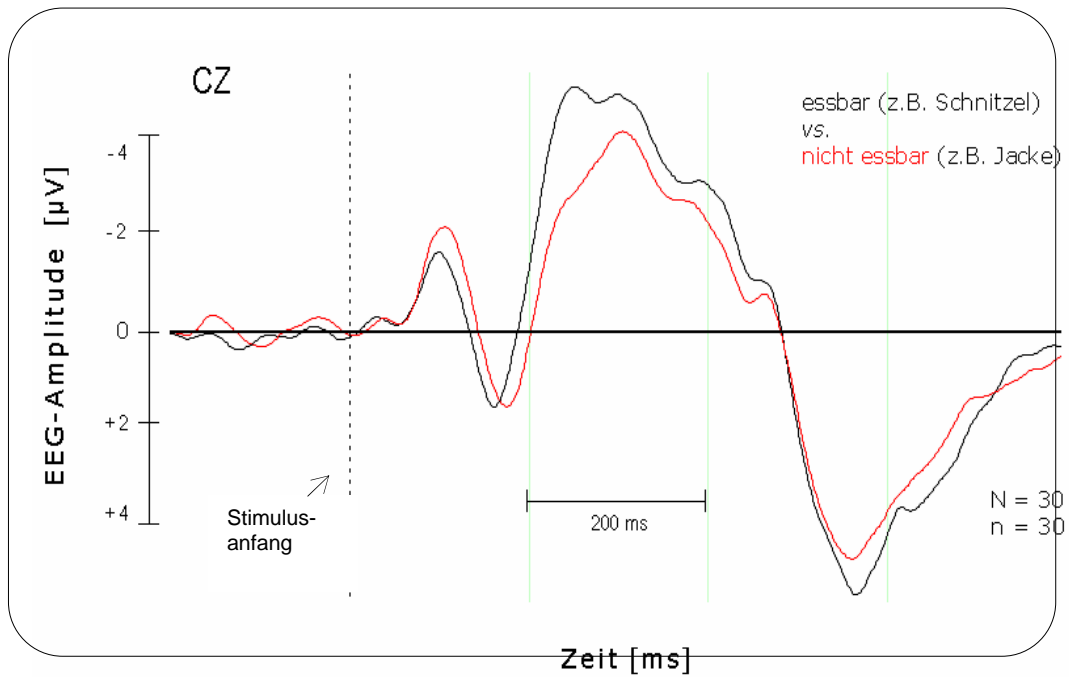


Abb. 47: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *essbar* vs. *nicht essbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

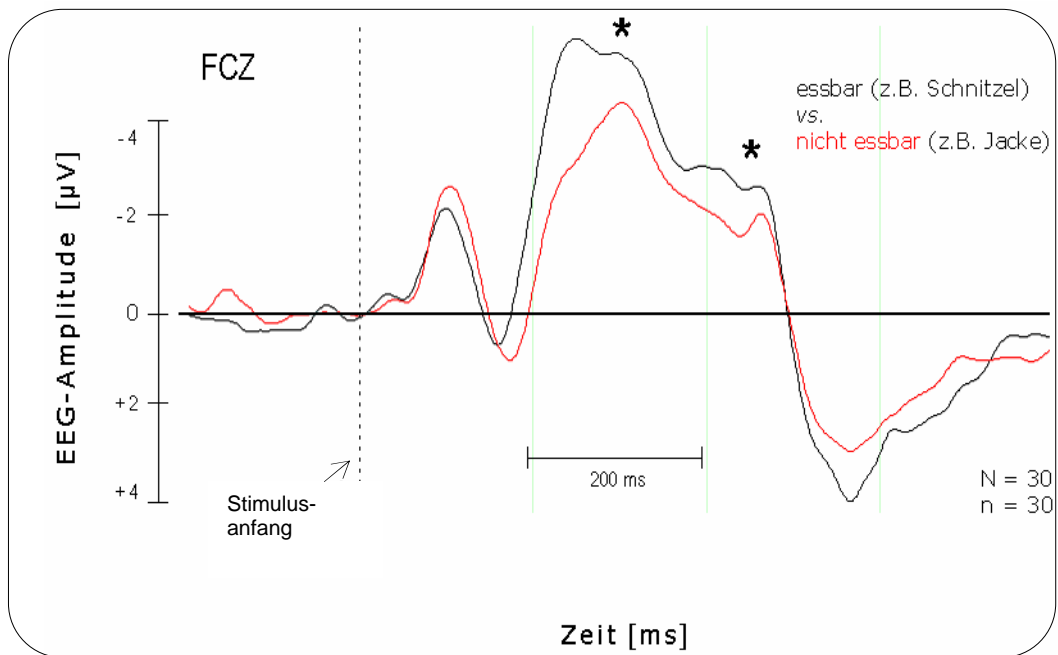


Abb. 48: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *essbar* vs. *nicht essbar* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode FCZ.

Die oberen beiden Abbildungen zeigen die höhere Negativierung, die durch die Präsentation von Bildern essbarer Objekte im Vergleich zu nicht essbaren Objekten hervorgerufen wird. Diese höhere Negativierung zeigt sich auch bei der Präsentation von Bildern belebter Objekte im Vergleich zur Präsentation von Bildern unbelebter Objekte.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die p -Werte der statistischen Berechnungen.

Tabelle 18: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung für den Domänenvergleich *essbar* vs. *nicht essbar* der visuell präsentierten Nomen/Bilder.

essbar vs. nicht essbar	Zeitfenster [ms]				
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500	500-600
Fp1	-	-	-	-	-
Fp2	-	-	-	-	-
F3	-	-	-	-	-
F4	-	0,027	0,046	-	-
C3	-	-	-	-	-
C4	0,038	-	-	-	-
P3	0,047	-	-	-	-
P4	0,001	-	-	-	-
O1	0,037	-	-	-	-
O2	0,002	0,027	-	-	-
F7	-	-	-	-	-
F8	-	0,035	-	-	-
T3	-	-	-	-	-
T4	-	-	-	-	-
T5	0,020	-	-	-	-
T6	0,000	0,002	0,025	-	-
Cz	-	-	-	-	-
FZ	-	-	0,047	-	-
PZ	-	-	-	-	-
Fcz	-	-	0,018	0,019	-
Cpz	-	-	-	-	-
Cp3	0,046	-	-	-	-
Cp4	0,008	-	-	-	-
Fc3	-	-	-	-	-
Fc4	-	0,039	0,047	-	-
TP7	-	-	-	-	-
TP8	0,008	0,040	-	-	-
FT8	-	-	-	-	-
Oz	-	-	-	-	-
FT7	-	-	-	-	-

I Visuell präsentierte Nomen/Bilder – Vergleich von Bildern stärker **sensorisch** repräsentierter Objekte vs. Bildern stärker **funktional** repräsentierter Objekte

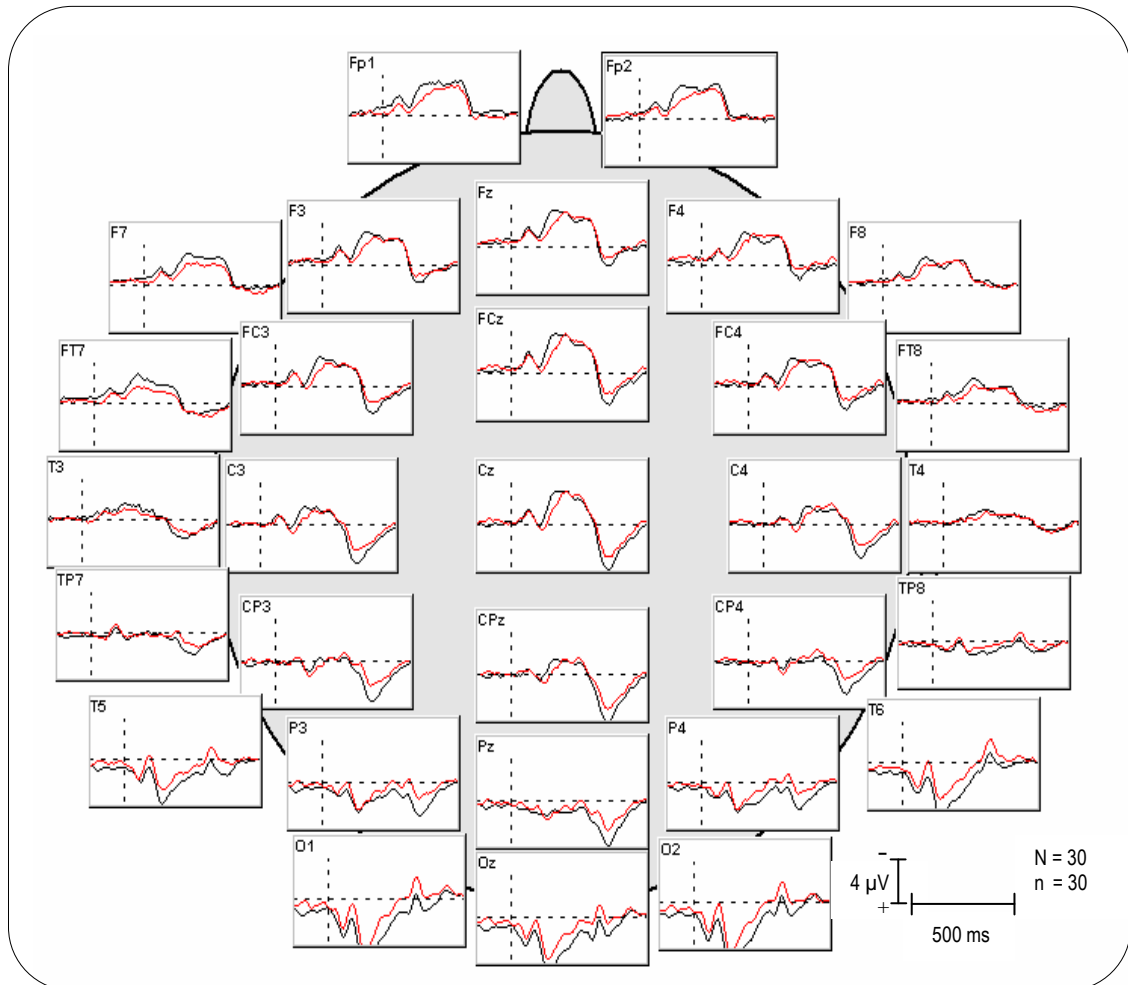


Abb. 49: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *sensorisch* vs. *funktional* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Die Unterschiede in den gemittelten Amplitudenverläufen von 30 Versuchspersonen zwischen Bildern, die stärker sensorisch repräsentierter Objekte darstellen vs. Bildern, die stärker funktional repräsentierter Objekte darstellen zeigen sich sehr deutlich in den zentralen Elektroden. Für beide Domänen wurden jeweils 30 Stimuli präsentiert. Insgesamt sind die Unterschiede sehr deutlich in dem Zeitraum ab 250 ms. Damit ähnelt dieser Amplitudenvergleich dem der oben genannten zwei Domänenvergleiche (Vergleich von Bildern belebter Objekte vs. Bildern unbelebter Objekte sowie Vergleich von Bildern essbarer Objekte vs. Bildern nicht essbarer Objekte).

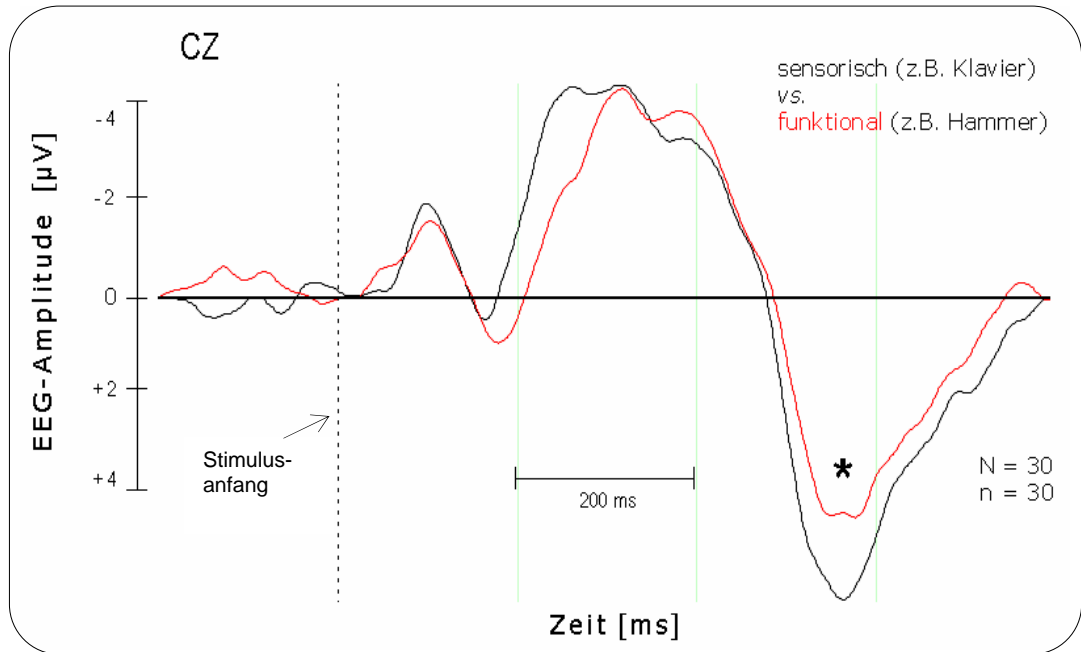


Abb. 50: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *sensorisch* vs. *funktional* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

Die Abbildung 50 zeigt die Grand Averages über 30 Versuchspersonen für die Präsentation *sensorischer* Bilder (jeweils 30 Stimuli) und *funktionaler* Bilder (jeweils 30 Stimuli). Die Amplitudenunterschiede sind dergestalt, dass die Präsentation *sensorischer* Bilder ca. 200 ms nach Wortbeginn eine stärkere Negativierung und ca. 550 ms nach Wortbeginn eine höhere Positivierung hervorruft.

Tabelle 19: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung für den Domänenvergleich *sensorisch vs. funktional* der visuell präsentierten Nomen/Bilder.

sensorisch vs. funktional	Zeitfenster [ms]				
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500	500 – 600
Fp1	-	-	-	-	-
Fp2	-	-	-	-	-
F3	-	-	-	-	-
F4	-	-	-	-	-
C3	-	-	0,013	-	0,000
C4	-	-	-	-	0,006
P3	-	-	-	0,032	0,000
P4	-	-	-	0,009	0,000
O1	0,021	-	0,003	0,020	0,001
O2	0,013	-	0,001	0,027	0,002
F7	-	-	0,026	0,032	-
F8	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	-
T4	-	-	-	-	-
T5	-	-	0,007	0,031	0,000
T6	-	-	0,000	0,001	0,004
Cz	-	-	-	-	0,039
FZ	-	-	-	-	-
PZ	-	-	0,001	-	0,001
Fcz	-	-	-	-	-
Cpz	-	-	-	-	0,006
Cp3	-	-	-	-	0,000
Cp4	-	-	-	0,036	0,001
Fc3	-	-	0,037	-	0,029
Fc4	-	-	-	-	-
TP7	-	-	-	-	0,001
TP8	-	-	-	0,034	-
FT8	-	-	-	-	-
Oz	-	-	0,004	-	0,001
FT7	-	-	0,008	0,008	-

J Visuell präsentierte Nomen/Bilder – Vergleich von Bildern **natürlicher** Objekte vs. Bildern **künstlicher** Objekte

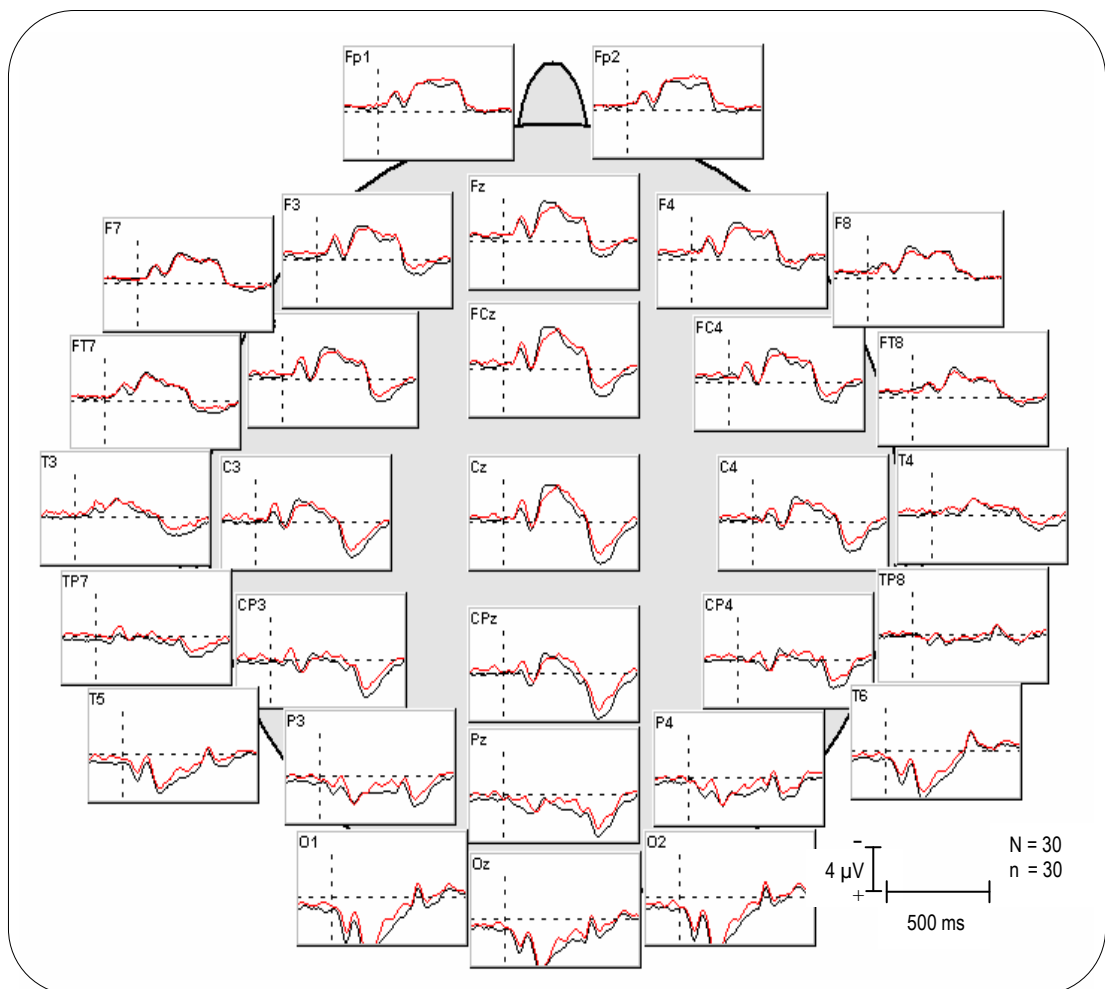


Abb. 51: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *natürlich* vs. *künstlich* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe aller Ableitelektroden in einem Kopfschema.

Die Unterschiede in den gemittelten Amplitudenverläufen von 30 Versuchspersonen zwischen den Präsentationen von Bildern natürlicher Objekte (jeweils 30 Stimuli) vs. Bildern künstlicher Objekte (jeweils 30 Stimuli) sind ähnlich denen des Vergleichs zwischen Bildern belebter vs. unbelebter Objekte, Bildern essbarer vs. nicht essbarer Objekte sowie Bildern sensorisch repräsentierter und funktional repräsentierter Objekte in dem Zeitfenster um 200 ms, 300 ms und 550 ms in zentralen, parietalen, temporalen und okzipitalen Ableitorten. Die Bilder der Domäne *natürlich* riefen um ca. 200 ms nach Wortanfang eine höhere Negativierung und 550 ms nach Wortanfang eine höhere Positivierung hervor als die Bilder der Domäne *künstlich*.

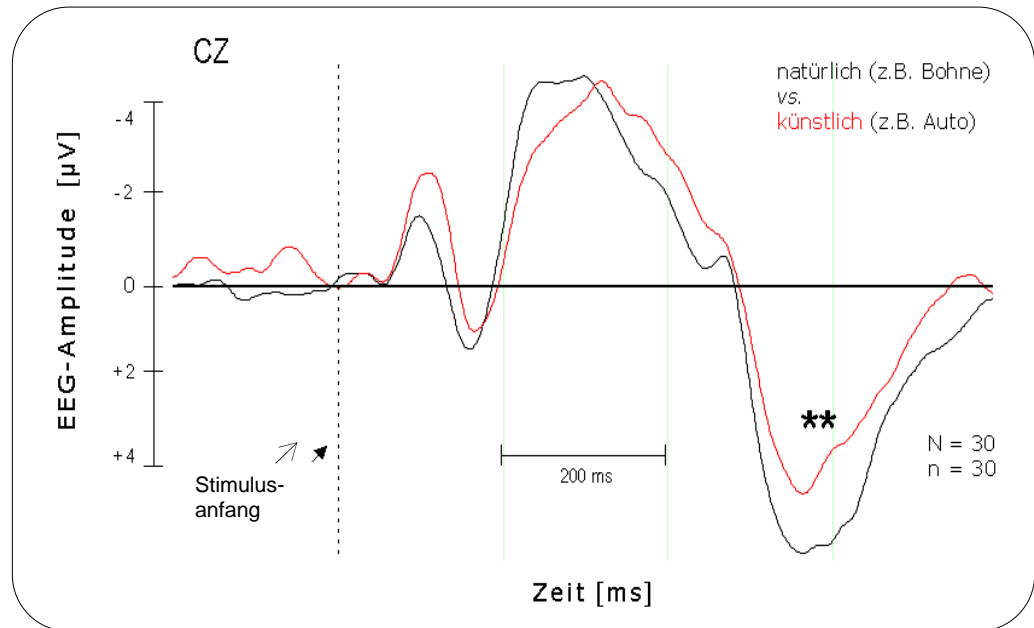


Abb. 52: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *natürlich* vs. *künstlich* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ.

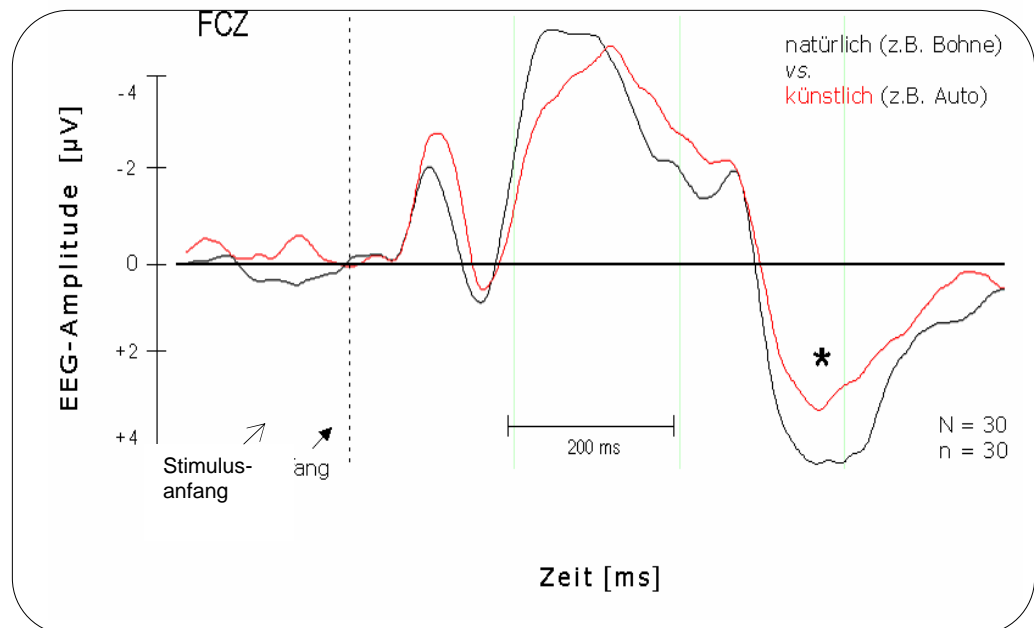


Abb. 53: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *natürlich* vs. *künstlich* von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode FCZ.

Die beiden Abbildungen zeigen die Grand Averages über 30 Versuchspersonen für die Präsentation *natürlicher* Bilder und *künstlicher* Bilder (jeweils 30 Stimuli) an den Ableitelektroden CZ (Abb. 52) und FCZ (Abb. 53). Die Amplitudenunterschiede sind auch hier so geartet, dass die Präsentation von Bildern natürlicher Objekte ca. 200 ms nach Wortbeginn eine stärkere Negativierung und ca. 550 ms nach Wortbeginn eine höhere Positivierung hervorruft als die Präsentation künstlicher Objekte. Die entsprechenden *p*-Werte sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 20: Signifikante Ergebnisse der Varianzanalyse (mit Fallgewichtung für den Domänenvergleich *natürlich* vs. *künstlich* der visuell präsentierten Nomen/Bilder.

natürlich vs. künstlich	Zeitfenster [ms]				
	75 – 125	175 – 225	250 – 350	400 – 500	500 – 600
Fp1	-	-	-	-	-
Fp2	-	-	-	-	-
F3	-	-	-	-	-
F4	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	0,045
C4	-	-	-	-	0,009
P3	0,021	-	-	0,041	-
P4	-	-	-	0,016	-
O1	0,015	-	0,013	0,022	-
O2	-	-	0,040	0,014	-
F7	-	-	-	-	-
F8	-	-	-	-	-
T3	-	-	-	-	0,044
T4	-	-	-	-	0,034
T5	0,002	-	0,021	-	-
T6	0,013	-	-	-	-
Cz	-	-	-	-	0,006
FZ	-	-	-	-	-
PZ	-	-	-	0,010	0,021
Fcz	-	-	-	-	0,021
Cpz	-	-	-	0,035	0,005
Cp3	0,037	-	-	-	-
Cp4	-	-	-	0,034	0,021
Fc3	-	-	-	-	0,038
Fc4	-	-	-	-	0,022
TP7	0,006	-	-	-	-
TP8	-	-	-	-	-
FT8	-	-	-	-	-
Oz	-	-	-	-	-
FT7	-	-	-	-	-

Zusätzlich zu den Domänenvergleichen wurden sinnlose (d.h. nicht linguistisch motivierte) Kontrastierungen vorgenommen, um zu zeigen, dass die oben gezeigten Effekte tatsächlich domänenabhängig sind und kein Artefakt der Zusammenstellung der einzelnen Versuchspersonendaten. Die folgende Abbildung zeigt den Grand Average von 30 Versuchspersonen über jeweils 30 Stimuli mit gerader Triggernummer vs. 39 Stimuli mit ungerader Triggernummer aus der akustischen Bedingung an den Elektroden CZ (Abb. 54) und FCZ (Abb. 55). Diese beiden Gruppen wurden willkürlich gewählt.

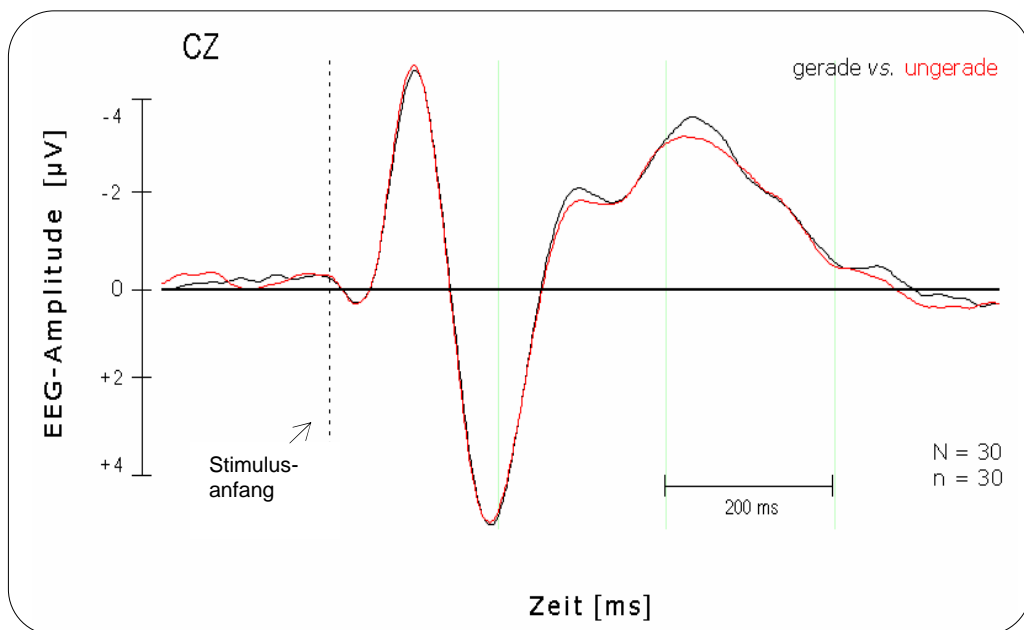


Abb. 54: Grand Average des Odd/Even-Vergleich für die akustische Bedingung über 30 Versuchspersonen und jeweils 30 Stimuli an der Elektrode CZ.

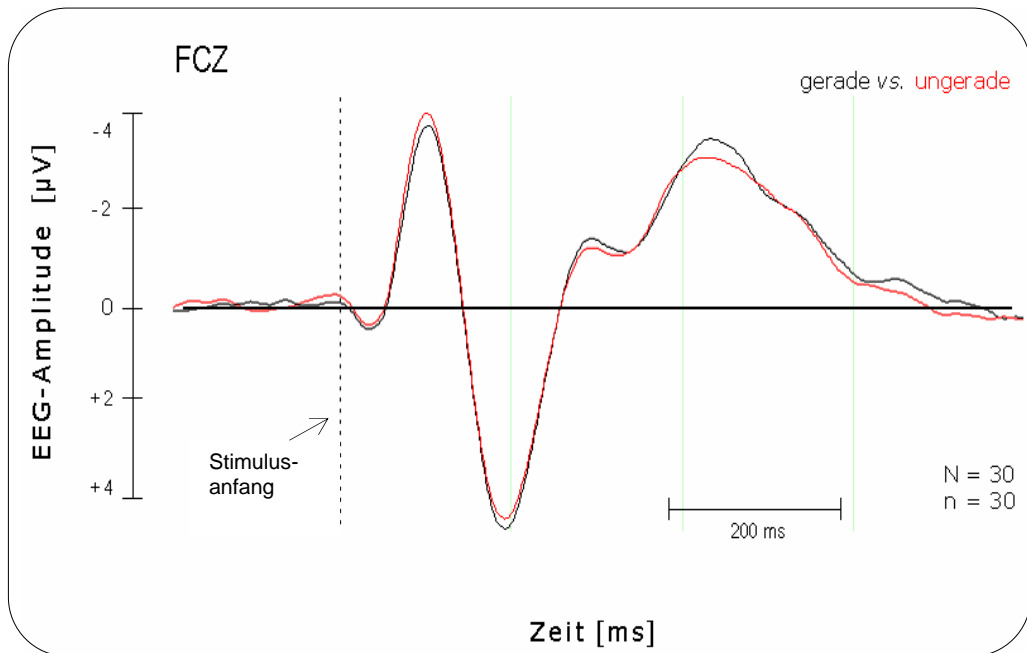


Abb. 55: Grand Average des Odd/Even-Vergleich für die akustische Bedingung über 30 Versuchspersonen und jeweils 30 Stimuli an der Elektrode FCZ.

Die oben dargestellten Amplitudenverläufe an den Elektroden CZ und FCZ der beiden willkürlich gewählten sind nahezu identisch.

Die folgenden beiden Abbildungen stellen den gleichen Kontrast dar für die visuelle Bedingung.

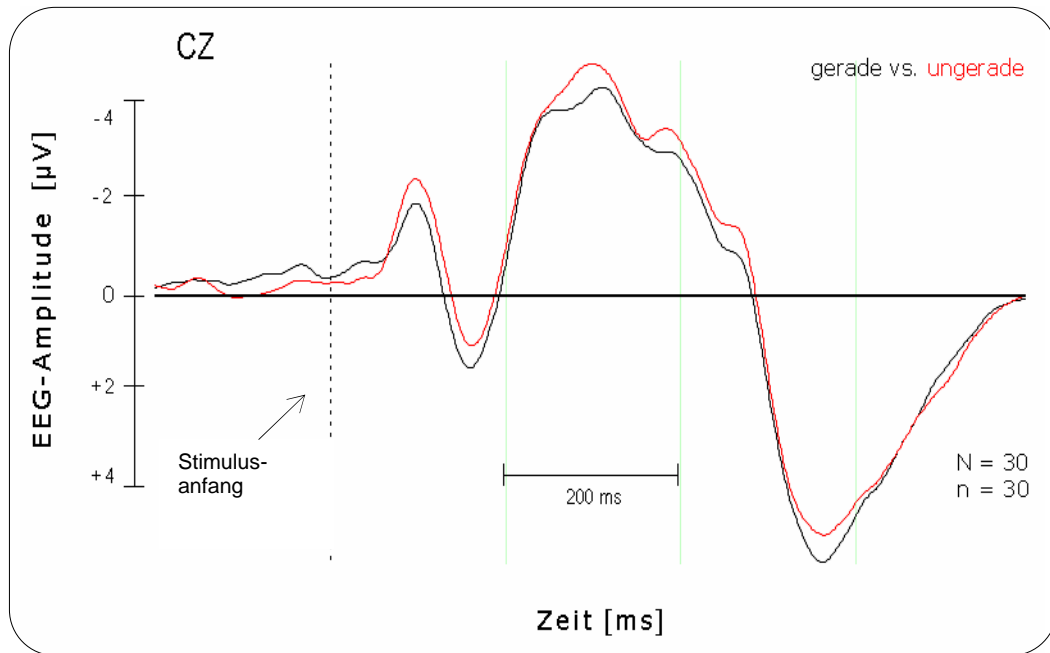


Abb. 56: Grand Average des Odd/Even-Vergleich für die visuelle Bedingung über 30 Versuchspersonen und jeweils 30 Stimuli an der Elektrode FCZ.

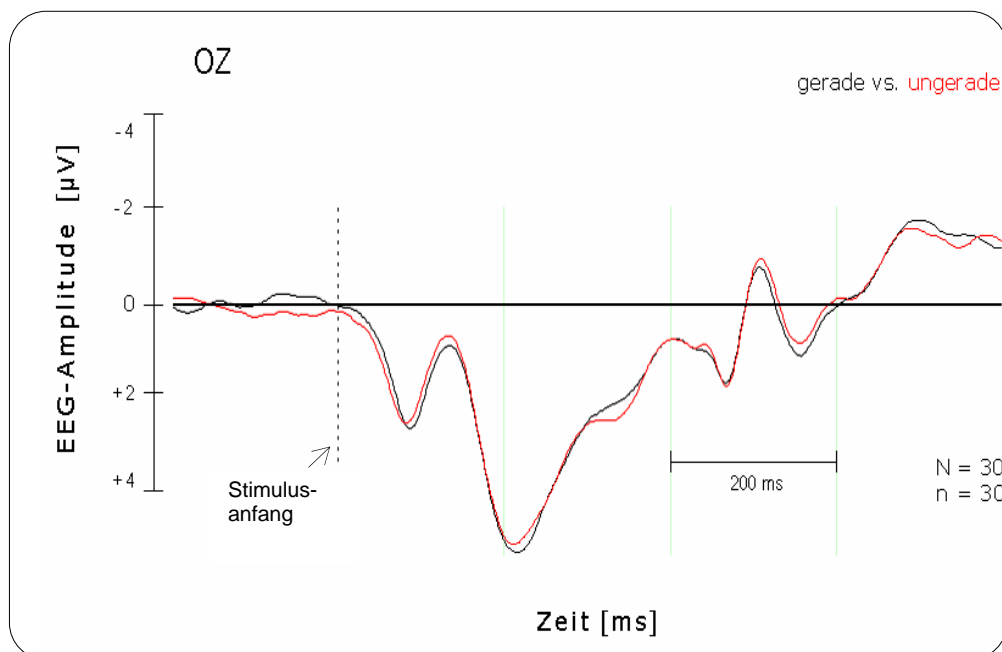


Abb. 57: Grand Average des Odd/Even-Vergleich für die visuelle Bedingung über 30 Versuchspersonen und jeweils 30 Stimuli an der Elektrode OZ.

Auch in der visuellen Bedingung sind die Amplitudenverläufe des Gerade/Ungerade-Kontrasts nahezu gleich.

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse dieses neurolinguistischen Experiments vor dem Hintergrund der aktuellen Literatur diskutiert.

IV. DISKUSSION

Die Analyse der Daten, die in diesem Experiment erhoben wurden, lieferte eine umfangreiche Menge an einzelnen Ergebnissen. Diese wurden im Kapitel III.8. *Ergebnisbeschreibung* bereits dargestellt.

In diesem Kapitel sollen die Einzelergebnisse der ERP-Analysen, die für die vorliegende Fragestellung relevant sind, dargestellt und interpretiert werden. Dabei werden die signifikanten Ergebnisse der akustischen sowie der visuellen Bedingung des Experiments erläutert und vor dem Hintergrund der im theoretischen Teil dieser Arbeit dargestellten Grundlagen und Annahmen diskutiert. Außerdem wird ein Vergleich zwischen den beiden Experimentteilen vorgenommen, der deutlich machen soll, dass die aufgezeigten ERP-Unterschiede modalitätsabhängig sind (akustisch und visuell).

Domänenvergleiche in der akustischen Bedingung

Die Unterschiede zwischen den Amplitudenverläufen der Domänenpaare in der akustischen Bedingung sind in Abbildung 58 aufgezeigt.

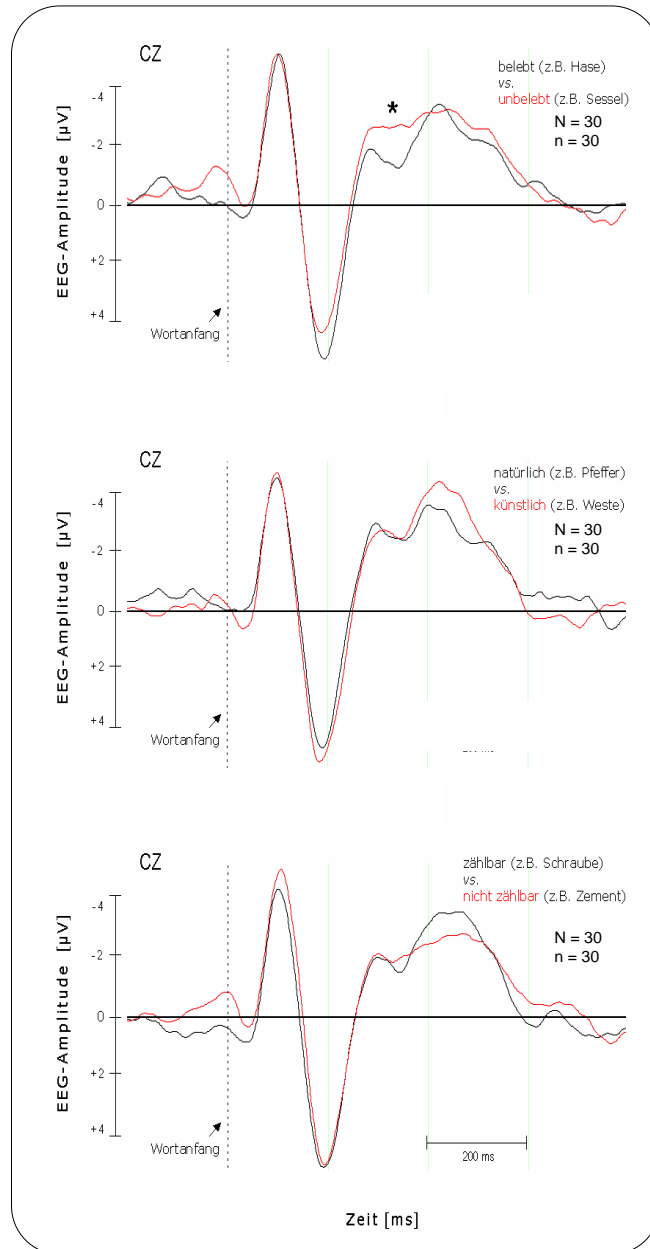


Abb. 58: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *essbar vs. nicht essbar* (oben), *natürlich vs. künstlich* (Mitte) und *zählbar vs. nicht zählbar* (unten) von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an der Elektrode CZ. Die Amplitudenunterschiede vor Präsentationsbeginn sind nicht signifikant.

Im Gegensatz zur visuellen Bedingung sind keine signifikanten frühen Unterschiede (Zeitfenster zwischen 75 und 125 ms sowie zwischen 175 und 225 ms) zwischen den Amplituden sichtbar. Eine mögliche Erklärung für die minimalen Unterschiede ist das Fehlen sensorisch/perzeptueller Informationen über die Zugehörigkeit zu einer Domäne, die beim akustischen Input fehlt (vgl. Kiefer 1999:140 und 150f). Bei der akustischen Präsentation von Wörtern wird nach dem Kohorten-Modell von Marslen-Wilson und Tyler (1980) durch den akustisch-phonetischen Input (d.h. durch die Rezeption der ersten Phoneme) eine wortinitiale Kohorte (Auswahl an potentiellen Wortkandidaten) aktiviert. Danach findet ein Abgleich statt und ein Wort wird erkannt und akzeptiert (s. auch Kapitel I.2.2.1 *Stufen der semantische Verarbeitung*, vgl. Marslen-Wilson & Tyler 1980, Grosjean 1980:267). Dieser Prozess ist bei der Bildrezeption nicht notwendig, da kein akustischer Input erfolgt, der abgeglichen werden müsste. Bei der akustischen Verarbeitung stellen sich die Amplitudenunterschiede, die auf Domäneneffekte zurückzuführen sind, erst langsamer ein (vgl. Paivio 1986:53).

Bei den Amplitudenunterschieden des Domänenpaars *belebte vs. unbelebte Objekte* zeigen sich schwache Unterschiede in den zentralen und frontal-parietalen Elektroden rechts (s. Tabelle 13). Die Unterschiede liegen in dem Zeitfenster zwischen 250 – 350 ms und zeigen sich durch eine stärkere Negativierung der Reaktion auf Nomen unbelebter Objekte im Vergleich Nomen belebter Objekte. Der Amplitudenunterschied beginnend bei ca. 80 ms vor Wortbeginn ist nicht signifikant (Wilcoxon-Test).

Auch bei dem Domänenvergleich *natürlich vs. künstlich* sind die Unterschiede sehr gering und beschränken sich auf das Zeitfenster um 450 ms nach Wortbeginn. Die akustische Präsentation von Nomen künstlicher Objekte ruft eine höhere Negativierung hervor als Nomen natürlicher Objekte und beschränkt sich auf die frontal-zentralen Elektroden (Fz und Fcz, vgl. Tabelle 14).

Der Amplitudenunterschied zwischen den Domänen *zählbar vs. nicht zählbar* ist ebenso gering. Lediglich im Zeitfenster um 450 ms zeigt sich eine höhere Negativierung für die Stimuli der Domäne *zählbar*, die ausschließlich in den Werten der rechtsseitigen Elektroden T6, CP4 und Fc4 sowie den frontal-zentralen Elektroden Fz und Fcz sichtbar ist. Auch hier ist der Unterschied zwischen den Amplituden vor Wortbeginn nicht signifikant (Wilcoxon-Test).

Die Unterschiede zwischen den drei Domänenpaaren haben die Gemeinsamkeit, dass sie sich in den Werten der zentralen Elektroden sowie in der Elektroden über rechtshemisphärischen Arealen zeigen. Insgesamt sind die Amplitudenunterschiede jedoch so gering, dass nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Unterschiede auf Verarbeitungsunterschiede im semantischen Systemen zurückzuführen sind. Auch Tanaka et al. (1999) konnten in einer ähnlichen Studie keine Unterschiede zwischen verschiedenen Domänen finden (Tanaka et al. 1999:831). Laut der Vorhersage der SFT (Warrington & McCarthy 1983, Warrington & Shallice 1984) oder dem domänenspezifischen Ansatz (Caramazza & Shelton 1998), die neuronal und funktional getrennte semantische Subsysteme annehmen, müssten die Ergebnisse sowohl topologisch als auch von den weiteren ERP-Dimensionen (Amplitude, Latenz, Polarität) unterschiedlicher geartet sein.

Hierarchienvergleich: Hyperonyme vs. Hyponyme

Die folgende Abbildung zeigt die Amplitudenunterschiede, die durch die akustische Präsentation der lexikalischen Hierarchien *Hyponym* vs. *Hyperonym* hervorgerufen wurden.

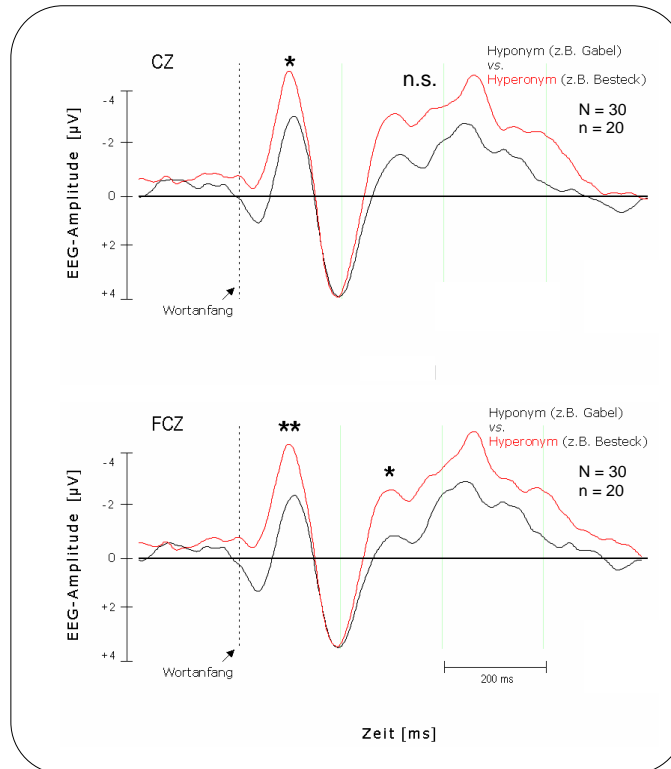


Abb. 59: Grand Average der akustisch präsentierten Nomen des Hierarchienvergleichs *Hyponym* vs. *Hyperonym* von 30 Versuchspersonen (jeweils 20 Stimuli). Darstellung des Amplitudenverlaufs an den Elektrode CZ (oben) und Fcz (unten). Die Amplitudenunterschiede unmittelbar nach Präsentationsbeginn sind nicht signifikant.

Die Amplitudenunterschiede zwischen den lexikalischen Hierarchien *Hyponym* vs. *Hyperonym* sind hochsignifikant und zeigen sich vor allem in dem frühen Zeitfenster (75 – 125 ms) sowie ab 300 ms nach Wortbeginn in zentralen und frontalen Arealen, die mit semantischer Verarbeitung assoziiert werden (Tanaka et al. 1999:830). Die akustische Präsentation von Hyperonymen evoziert eine höhere Negativierung um 100 ms nach Wortbeginn und eine anhaltende Negativierung ab 300 ms nach Wortbeginn im Vergleich zu der Präsentation von Hyponymen.

Theoretisch betrachtet haben die beiden lexikalischen Hierarchien diverse semantische Unterschiede. Die Bezeichnungen *Hyperonym* und *Hyponym* sind relativ zu betrachten. So ist z.B. der Begriff *Milch* ein Hyponym zu *Getränk*, jedoch auch ein Hyperonym zu den Begriffen *Buttermilch*, *Kondensmilch* und *Schafsmilch* (vgl.

Schumacher & Steiner 2002:188). Daher variieren diese Hierarchien auch in ihrer Repräsentation. Während in der Hierarchie weit oben stehende Hyperonyme (z.B. Sache) keine sensorisch/perzeptuellen Informationen enthalten, existieren für darunter liegende Hyponyme (z.B. Getränk) mehr sensorische/perzeptuelle Informationen. Wiederum darunter liegende Hyponyme enthalten noch mehr sensorisch/perzeptuelle Informationen (z.B. Milch). So lässt sich sagen, dass, je unspezifischer (i.S.v. allgemein) der Begriff ist, desto weniger sensorisch/perzeptuelle Information enthält er und beinhaltet so ein abstrakteres semantisches Konzept (vgl. Tanaka et al. 1999:829) und je spezifischer er ist, desto mehr ist er durch sensorische Merkmale repräsentiert (vgl. Hoffmann 1986:70f). Diese Unterschiede in der Art der Merkmale (abstrakt-semantisch vs. sensorisch-anschaulich) könnten der Auslöser für unterschiedliche Amplitudenverläufe sein, weil die Verarbeitung abstrakter Konzepte einen höheren Verarbeitungsaufwand benötigt (Weiss 1997:126). Ähnlich wie Abstrakta (z.B. Treue, Boshaftigkeit, Gefühl) haben Hyperonyme keine bildliche Repräsentation in einem Objekt und somit wenige sensorische Merkmale. Daher ist ein weiterer wichtiger Aspekt in der theoretischen Unterscheidung von Hyperonymen zu Hyponymen die Abbildbarkeit. Hyperonymen sind im Gegensatz zu Hyponymen nicht in einem Objekt bildlich darstellbar, man kann sie nur durch mehrere Objekte ihrer Mitglieder sichtbar machen (z.B. Werkzeug: Hammer, Zange, Schraubenzieher).

Möglicherweise sind diese Unterschiede der Grund für die unterschiedlichen Amplitudenverläufe. Die späte Negativierung, die die Präsentation der Hyperonyme hervorruft ist eventuell dadurch zu erklären, dass zum einen durch die Inputmodalität der – anders als bei einer Bildpräsentation – schnelle Abruf sensorisch/perzeptueller Merkmale fehlt und zum anderen Hyperonyme ohnehin weniger sensorisch/perzeptuelle Konzepte zugrunde liegen. Diese Fehlen der Informationen hat eine im Vergleich zu den Hyponymen erschwerte Verarbeitung zur Folge. Komplexere Verarbeitungsprozesse bewirken eine höhere Negativierung von EEG-Verläufen (Kiefer 1999:150). Daher bietet dieses Ergebnis starke Hinweise für einen komplexeren Verarbeitungsvorgang bei Hyperonymen, der sich in einer höheren Negativierung des Amplitudenverlaufs im Vergleich zu Hyponymen zeigt und auf das Fehlen visuell-anschaulicher Merkmale, sensorischer semantischer Informationen und die vielschichtiger bildliche Darstellung (mehrere Objekte werden unter einem Hyperonym zusammengefasst) zurückzuführen ist. Die in

diesem Experiment gewählten Hyperonyme (vgl. Tabelle 6) befinden sich oberhalb der Basisebene (Rosch 1975:224f), d.h. sie beschreiben Objekte, die sowohl von ihren sensorisch/perzeptuellen Merkmalen als auch von ihren funktional/assoziativen Merkmalen einander sehr unähnlich sind (z.B. Tier: Elefant, Maus, Floh). Dadurch rufen die hier verwendeten Hyperonyme direkt weder sensorische noch funktionale Informationen ab, sondern es werden zunächst die subordinierten Nomen der Hyperonyme assoziiert. Erst dann kann sensorische und funktionale Information abgerufen werden. Hyperonyme haben demzufolge ein abstrakteres Konzept zugrunde liegen (Tanaka et al. 1999:829). Die Amplitudenunterschiede sind bei diesem Hierarchienvergleich über links frontalen Hirnarealen hochsignifikant. Der linke Frontallappen ist an der Verarbeitung abstrakt-funktionaler semantischer Merkmale beteiligt, die zur Erkennung von Hyperonymen grundlegend sind (Tranel et al. 1997:1330, Kiefer 1999:152). Daher liefern diese Ergebnisse einen starken Hinweis darauf, dass bei der Verarbeitung von Hyperonymen andere semantische Prozesse beteiligt sind als bei der Verarbeitung von Hyponymen.

Interpretiert man die Ergebnisse des Hierarchienvergleichs so, wie es oben beschrieben ist, so ergeben sich Hinweise auf einen Verarbeitungsnachteil für Hyperonyme. Zum einen ist der Verarbeitungsaufwand zeitlich verzögert, weil zunächst eine "Dekompositionsaufgabe" zur Verarbeitung hinzukommt (Aufspalten eines Hyperonyms in seine Hyponyme), zum anderen zeigen sich diese Unterschiede in dem ERP-Verlauf. Die höhere anhaltende Negativierung, die die akustische Präsentation der Hyperonyme ist ein deutlicher Hinweis auf andere, komplexere Verarbeitungsprozesse im Vergleich zu Hyponymen.

Domänenvergleiche in der visuellen Bedingung

In der visuellen Bedingung zeigten sich im Vergleich zu der akustischen Bedingung hochsignifikante Unterschiede zwischen den Amplitudenverläufen der Domänenpaare.

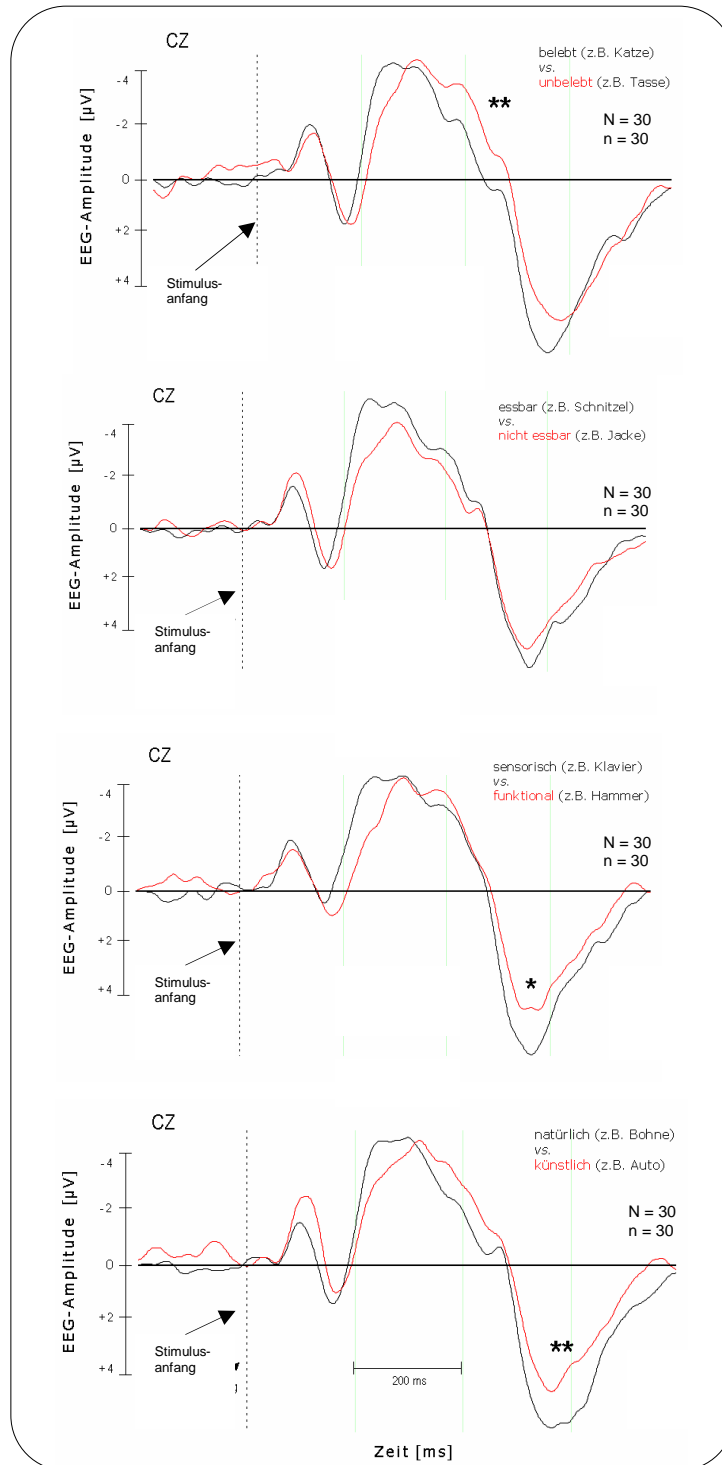


Abb. 60: Grand Average der visuell präsentierten Nomen des Domänenvergleichs *belebt* vs. *unbelebt* (oben), *essbar* vs. *nicht essbar* (2. v.o.), *sensorisch* vs. *funktional* (3. v.o.) und *natürlich* vs. *künstlich* (unten) von 30 Versuchspersonen (jeweils 30 Stimuli). Darstellung der Amplitudenverläufe an der Elektrode CZ.

In der visuellen Bedingung wurden Bilder aus acht Domänen präsentiert, die für die Auswertung in vier zu kontrastierende Domänenpaare eingeteilt wurden. Die Unterschiede zwischen den Amplitudenverläufen der einzelnen Kontrastpaare sind in Abbildung 60 zu sehen. Das Design der visuellen Bedingung war folgendes: die Versuchspersonen sahen für 200 ms das Bild, anschließend wurde der Bildschirm für 1000 ms weiß. Nach dem darauffolgenden akustischen Signal sollten die Versuchspersonen das Bild subvokal benennen. Anschließend erfolgte ein Interstimulusintervall von 3500 ms (vgl. Abb. 21). Die Pause zwischen Präsentationsende und akustischem Signal sowie die Aufforderung zur subvokalen Benennung der Bilder war lediglich dazu da, gesichts-motorische Bewegungen zu verhindern und zu versuchen, die Konzentration der Versuchspersonen konstant zu halten. Der Benennprozess, der bei den Versuchspersonen bewusst nach dem akustischen Signal gesteuert werden sollte, spielt daher bei der Auswertung keine Rolle und soll hier nicht diskutiert werden. Laut Glaser (1992:85) erfolgt der Abruf der Benennung des Bildes bereits unvermeidlich direkt nach der Präsentation.

In dem frühen Zeitfenster zwischen 75 - 125 ms zeigen sich in den Domänenvergleichen *essbar* vs. *nicht essbar* sowie *natürlich* vs. *künstlich* hochsignifikante Amplitudenunterschiede (vgl. Tabellen 18 und 20). Diese frühen Unterschiede sind möglicherweise durch die Art des visuellen Inputs zu erklären. Werden sensorische Merkmale zur Bilderkennung herangezogen, so ist eine höhere N100-Komponente zu erwarten (Kiefer 1999:121, Tanaka et al. 1999:831). Da sowohl essbare als auch natürliche Objekte stark durch sensorische/perzeptuelle Merkmale repräsentiert sind (z.B. typische Farbe oder Form eines Apfels), sind sie möglicherweise leichter und schneller zu erkennen als Objekte, die stärker durch nicht-sensorische bzw. nicht-perzeptuelle Merkmale repräsentiert sind, wie z.B. *nicht essbare* und *künstliche* Objekte. Denkbar ist daher, dass diese Objekte einen höheren Verarbeitungsaufwand zur Erkennung ihrer sensorisch/perzeptuellen Merkmale benötigen als Objekte, bei denen diese Merkmale offensichtlich sind.

In dem Zeitfenster zwischen 175 und 225 ms zeigten sich geringe, aber signifikante Unterschiede zwischen den Domänen *essbar* vs. *nicht essbar* an parieto-temporo-okzipitalen Elektroden. Möglicherweise ist dieser Unterschied ebenfalls wie bei dem Amplitudenunterschied um 100 ms bei diesem Domänenpaar auf den Abruf sensorischer semantischer Merkmale zurückzuführen. Über alle Zeitfenster zeigt sich bei der Distinktion *essbar* vs. *nicht essbar* eine Verschiebung der signifikanten

Amplitudenunterschiede in die frühen Zeitfenster im Vergleich zu den anderen getesteten Domänenpaaren. Während die Domänenpaare *belebt* vs. *unbelebt*, *sensorisch* vs. *funktional* und *natürlich* vs. *künstlich* in den späteren Zeitfenstern (250 – 350 ms, 400 – 500 ms und 500 – 600 ms) signifikante Amplitudenunterschiede evozieren, zeigen sich diese Differenzen bei dem Domänenpaar *essbar* vs. *nicht essbar* bereits in den ersten 250 ms nach Stimulusbeginn. Ein möglicher Grund dafür ist die hervorstechende "visuelle Prägnanz" der essbaren Objekte im Gegensatz zu den nicht essbaren Objekten, d.h. dass essbare Objekte stark sensorisch repräsentiert sind und daher leichter zu erkennen sind (Tanaka et al. 1999:831).

Zwischen 250 und 350 ms zeigt sich eine signifikant größere Latenz der ERP-Amplitude für funktional repräsentierte Objekte als für sensorisch repräsentierte Objekte an zentro-temporo-okzipitalen Elektroden. Dieser Unterschied lässt auf eine längere Verarbeitungszeit schließen. Die visuelle Verarbeitung sowie der semantische Zugriff auf funktionale Merkmale ist bei stark funktional repräsentierten Objekten (z.B. Werkzeuge, Möbel, Fahrzeuge) komplexer, weil zum einen diese Merkmale zur korrekten Identifikation notwendig sind und zum anderen deren Abruf zusätzlich zur rein visuellen Analyse hinzukommt, da nur der Abruf der Form-Funktion-Information zu einer korrekten Erkennung der funktional repräsentierten Objekte führt. D.h. dass funktional repräsentierte Objekte – wie sensorisch repräsentierte Objekte auch – zunächst visuell-sensorisch verarbeitet und zusätzlich bezüglich ihrer funktionalen Merkmale analysiert werden müssen. Dieser zusätzliche Verarbeitungsschritt erhöht die Verarbeitungszeit und es kommt zu einer größeren Latenz ERP-Amplitude. Dieses Ergebnis unterstützt die Resultate aus einer ähnlichen Untersuchung von Kiefer, der mittels ERP-Methode feststellen konnte, dass die Verifizierung natürlicher Kategorien schneller ist als die artifizieller Kategorien (Kiefer 1999:135).

Ab 400 ms nach Stimulusbeginn zeigt sich bei allen Domänenpaaren (ausgenommen dem Domänenpaar *essbar* vs. *nicht essbar*, da die Amplitudenunterschiede früher auftreten) eine deutliche Negativierung für unbelebte, funktionale und künstliche Objekte in zentro-parietalen Arealen. Zu diesem Zeitpunkt der visuellen Bildverarbeitung und in diesen Kortexarealen wird die Verarbeitung visuell-anschaulicher semantischer Inhalte vermutet (Kiefer 1999:121, Tanaka et al. 1999:830). Die Objekte der Domänen *unbelebt*, *funktional*

und *künstlich* haben die Gemeinsamkeit, dass sie vorwiegend durch funktional-assoziative Merkmale repräsentiert sind. Sie enthalten wenige sensorisch/perzeptuelle Unterscheidungsmerkmale und sind stärker durch Form-Funktion-Informationen vertreten. Diese Form-Funktion-Informationen werden bei belebten, sensorischen und natürlichen Objekten nicht zur Identifizierung benötigt. Eine Erklärung für die höhere Negativierung ab 400 ms (bis ca. 500 ms) kann sein, dass der Abruf visueller semantischer Merkmale (z.B. Farbe, Form, Textur) bei belebten, sensorischen und natürlichen Objekten anschaulicher und präsenter ist als bei unbelebten, funktionalen und künstlichen Objekten. Der Abruf dieser Informationen kann bei diesen letztgenannten Objekten schwieriger und komplexer sein, da die Rekrutierung dieser Information zur Identifizierung unbelebter, funktionaler und künstlicher Objekte weniger wichtig ist.

Im Zeitfenster um 550 ms kommt es zu einer Positivierung der Domänen *belebt*, *essbar* (*nicht signifikant*), *sensorisch* und *natürlich* in zentro-parieto-okzipitalen Rindengebieten. Diese Amplitudenverläufe für die Domänen, die stark durch sensorisch/perzeptuelle Merkmale repräsentiert sind (z.B. Farbe, Form, Textur), zeigen vermutlich den Zugriff auf diese Art der semantischen Merkmale an (z.B. Geschmack, Gefühl, Geruch). Objekte der Domänen *unbelebt*, *nicht essbar*, *funktional* und *künstlich* sind stärker durch funktionale Merkmale repräsentiert sind (z.B. durch Handhabung, Form, Funktion). Diese Art der semantischen Informationen scheint andere semantische Netzwerke zu rekrutieren als die, die zur Verarbeitung stark sensorisch repräsentierter Objekte notwendig sind. Außerdem kann hier wieder das Argument des höheren Verarbeitungsaufwandes für funktional repräsentierte Objekte zum Tragen kommen: Sowohl sensorisch repräsentierte Objekte (z.B. Obst, Gemüse, Tiere) als auch funktional repräsentierte Objekte (z.B. Werkzeuge, Möbel, Fahrzeuge) müssen zunächst visuell verarbeitet werden. Zur Verarbeitung funktional repräsentierter Objekte kommt noch der Abruf funktionaler Informationen hinzu, damit diese Objekte voneinander unterschieden werden können. Diese zusätzliche Verarbeitung kann ein Verursacher der genannten Amplitudenunterschiede sein (vgl. Tyler & Moss 2001:244).

Vergleich der Ergebnisse

Der Vergleich der Ergebnisse aus den beiden Teilen des Experiments ist zum einen notwendig und gleichzeitig nicht möglich: Um einen Nachweis über die kognitive Realität der semantische Unterschiede zwischen den Domänen erbringen zu können, sollte dies für verschiedenen Modalitäten getestet werden. Andererseits sind die Unterschiede in der Verarbeitung akustischen und visuellen Materials so vielfältig, dass die Ergebnisse der ERP-Analysen nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Die grundlegenden Differenzen der Ergebnisse aus den zwei unterschiedlichen Präsentationsmodalitäten können jedoch hinsichtlich der Resultate aus den statistischen Analysen verglichen werden, was an dieser Stelle geschehen soll.

Die Amplitudenunterschiede zwischen den Domänenpaaren (ausgenommen der Hierarchienvergleich *Hyperonym vs. Hyponym*) aus der akustischen Bedingung sind vergleichsweise schwach. Bei der Wortrezeption erfolgt der kein visueller Input. Daher muss die Identifizierung des akustischen Inputs rein über semantische Informationen ablaufen. Bei dem Hierarchienvergleich *Hyperonym vs. Hyponym* hingegen evoziert der Unterschied in der Art der semantischen Merkmale (abstrakt-funktionale Merkmale für Hyperonyme, sensorisch-anschauliche Merkmale für Hyponyme) hochsignifikante Amplitudenunterschiede an frontalen Elektroden. Dieses Areal wird mit der Verarbeitung semantischer Inhalte in Verbindung gebracht. Die Ergebnisse dieses Vergleichs sprechen für Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung.

In der visuellen Bedingung waren die Amplitudenunterschiede in allen Domänenpaaren signifikant, d.h. Unterschiede zwischen den Domänen haben sich zwar in der visuellen Bedingung gezeigt, nicht aber in der akustischen. Eine mögliche Erklärung für die Amplitudenunterschiede, die zwar in der visuellen Bedingung vorkommen, nicht aber in der akustischen, bietet die Doppelte-Kodierungs-Theorie nach Paivio (1986). Sie nimmt zwei semantische Subsysteme an: eines für die Repräsentation von Bildern (nicht-sprachlich) und eines für die Repräsentation von verbaler Sprache. Demnach wird bei der Verarbeitung von Wörtern auf andere semantische Systeme zugegriffen als bei der Verarbeitung von Bildern. Die Verarbeitung von Bildern profitiert dabei von dem so genannten Bildüberlegenheitseffekt, der besagt, dass Bilder holistisch verarbeitet werden, einen hohen Wiedererkennungswert besitzen und außerdem bei der Rezeption konkreter

Wörter direkt assoziiert werden. Der Abruf der semantischen Merkmale von Bildern ist somit intensiver als der von Wörtern. Dadurch ist zu erklären, warum es in der visuellen Bedingung zu Amplitudenunterschieden kam, die auf die Art der semantischen Merkmale zurückzuführen sind.

Die visuelle Information über Objekt verschiedener Domänen lassen sich zweiteilen: künstliche, nicht essbare, unbelebte und funktionale Objekte sind sich untereinander perzeptuell sehr unähnlich und erfordern daher zusätzlich zu der visuellen Analyse noch den Abruf funktional-assoziativer Merkmale (Form-Funktion-Informationen). Natürliche, essbare, belebte und sensorische Objekte hingegen benötigen zur Identifizierung nicht den Abruf funktional/assoziativer Merkmale. Sie sind sich untereinander perzeptuell relativ ähnlich und können durch den rein visuellen Eindruck bereits besser identifiziert werden als stark funktional repräsentierte Objekte, wodurch die Verarbeitung natürlicher Objekte begünstigt ist. Diese Annahme konnte bereits in Reaktionszeitstudien untermauert werden (Kiefer 1999:135). Diese Zweiteilung der semantischen Merkmale kommt bei der Bildrezeption stärker zum Tragen, weil bei der Rezeption von Bildern stärker sensorisch repräsentierter Objekte allein der visuelle Input schon genügend Informationen bietet, um die Objekte zu identifizieren. Im Gegensatz dazu müssen für die Erkennung stärker funktional repräsentierter Objekte zusätzlich semantische Merkmale über die Funktion der Objekte abgerufen werden, da ihr Aussehen alleine nicht genügend Informationen liefert (Kiefer 1999:176, Tranel 1997:1330). Diese Unterscheidung der semantischen Merkmale evoziert sichtbare Verarbeitungsunterschiede.

Ein weiterer Hinweis darauf, dass der visuelle Input stärkere semantische Verarbeitungsunterschiede evoziert, zeigt sich bei der Betrachtung der aphasischen Fallstudien. In den meisten Fällen wird die semantische Verarbeitung anhand von Bildmaterial getestet, das benannt werden soll. In allen Studien werden große Differenzen zwischen der Verarbeitung einzelner Kategorien und Domänen (vgl. Tabelle 1 bis 4) dargestellt. Durch die gleichbelebende Testung mit Bildmaterial wird die semantisch Verarbeitung bei Aphasie nur auf der Produktionsebene getestet und liefert keine eindeutigen Hinweise auf eine tatsächliche disparate Repräsentation des semantischen Wissens unabhängig von der Darbietungsmodalität.

Die Ergebnisse dieses Experiments können weder die SFT (Warrington & McCarthy 1983, Warrington & Shallice 1984) noch den domänenspezifischen

Ansatz (Caramazza & Shelton 1998) untermauern, da die Ergebnisse der akustischen Bedingungen keine signifikanten Ergebnisse lieferte und auch die Aufstellung der aphasischen Fallstudien deutlich macht, dass semantische Defizite nicht in diese Schemata passen. Betrachtet man die Lokalisationen der Amplitudenmaxima und – minima, so ergeben sich Hinweise auf ein verteiltes neuronales Netzwerk (Tyler et al. 2000). Während die Verarbeitung der akustischen Nomen in links frontalen und zentralen Gebieten Amplitudenunterschiede evoziert, die für verschiedene Domänen geringe Unterschiede zeigen, in der visuellen Bedingung jedoch signifikante Ergebnisse hervorbringt, sind die Aktivitätsunterschiede für die Bilder stärker in parieto-temporo-okzipitalen Arealen lokalisiert. Das bedeutet, dass semantisches Wissen in einem zusammengehörenden semantischen Netzwerk repräsentiert ist, das sich über weite Teile der Großhirnrinde erstreckt. Verarbeitungsunterschiede sind demnach nicht topologisch zu erklären, sondern durch Unterschiede im Inhalt und in der Struktur der Konzepte innerhalb der Kategorien und Domänen (Tyler & Moss 2001:246f). Wie bereits in Kapitel I.3.1. *Erklärungsansätze zur Organisation des semantischen Wissens über Objekte* beschrieben, beinhalten stark funktional repräsentierte Objekte bzw. deren Benennungen (in diesem Experiment Bilder oder Nomen unbelebter, nicht essbarer, funktionaler und künstlicher Objekte) wenige allgemeine Merkmale, die untereinander nur schwach vernetzt sind und viele distinktive Merkmale, die stark vernetzt sind. Stark sensorisch repräsentierte Objekte bzw. deren Benennungen enthalten hingegen viele allgemeine Merkmale, die stark vernetzt sind und wenige distinktive Merkmale, die nur schwach vernetzt sind (vgl. Abb. 8, Tyler et al. 2000:201ff). Tiere sind sich beispielsweise perzeptuell sehr ähnlich im Vergleich zu Werkzeugen, d.h. sie haben mehr allgemeine interkorrelierende Merkmale wie z.B. *Größe, Farbe, Form* als künstliche Objekte. Dahingegen sind ihre distinktiven Merkmale, die sie voneinander unterscheiden, geringer vorhanden und schwächer vernetzt als bei Werkzeugen, wie z.B. *hat weiße Streifen, ernährt sich vegetarisch, kann auf Bäume klettern* (Saffran 2000:205f). Dieser konzeptstrukturspezifische Ansatz sieht keine funktionalen oder neuroanatomischen Grenzen vor, sondern eine Repräsentation des semantischen Wissens in einem einheitlichen verbreiteten konzeptuellem bzw. semantischen System. Kategorien und Domänen ergeben sich aus der oben genannten Konzeptstruktur, die auch die aphasischen semantischen Defizite erklären kann. Allgemeine zahlreiche Merkmale sind bei stark sensorisch repräsentierten Objekten

(z.B. Tiere, Obst, Gemüse) stark miteinander vernetzt, nicht aber bei stark funktional repräsentierten Objekten (z.B. Werkzeuge, Fahrzeuge, Möbel). Bei letztgenannten Objekten sind dafür die distinktiven Merkmale zahlreich und stark miteinander vernetzt und bei stark sensorisch repräsentierten Objekten nicht. Daher sind stark sensorisch repräsentierte Objekten fehleranfälliger, weil die wichtigen Unterscheidungsmerkmale (distinktive Merkmale) nur schwach miteinander vernetzt sind. Daher können diese nicht mehr voneinander unterschieden werden. Semantische Defizite für stark funktional repräsentierte Objekte treten laut diesem Ansatz nur bei schwerer neuronaler Schädigung auf, weil deren Merkmalsstruktur durch eine starke Vernetzung (Form-Funktion-Relationen) der einzelnen spezifischen Merkmale charakterisiert ist (Tyler & Moss 2001:247).

Die vorhandenen Ergebnisse der ERP-Untersuchung unterstützen diesen Ansatz, weil sie sowohl eine Aktivierung in großen Gebieten des zerebralen Kortex aufzeigen, als auch Verarbeitungsunterschiede zwischen stark sensorisch repräsentierten Objekten bzw. deren Benennungen und stark funktional repräsentierten Objekten bzw. deren Benennungen, die sich in ihrer semantischen Merkmalsstruktur grundlegend voneinander unterscheiden.

Schlussbemerkung und Ausblick

Die Frage nach der Organisation des semantischen Wissens stellt ein zentrales Problem in der Neurolinguistik dar. Die neuroanatomischen Korrelate sowie die kognitive Realität sprachlicher Domänen und Kategorien können durch die Modellierung des semantischen Systems verbunden mit neurophysiologischen Untersuchungsmethoden erforscht werden. Der merkmalsbasierte bzw. konzeptstrukturspezifische Ansatz (z.B. Tyler 2000) bietet vielversprechende Lösungen, um die komplexe Verarbeitung der Domänen zu erklären. Die gegenwärtigen Ergebnisse und Studien unterstützen diesen Ansatz.

Weitere wichtige Ergebnisse zur Klärung der Organisation des semantischen Wissens kann die Untersuchung anderer Wortarten, wie z.B. Adjektive, Verben und Abstrakta) sein, die sich ebenfalls in ihren semantischen Merkmalen unterscheiden. Die Aphasieforschung kann durch die Kontrolle von Therapiematerial bedeutende Erkenntnisse zu diesem Thema hervorbringen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass sich die Diagnostik semantischer Störungen nicht ausschließlich auf eine Inputmodalität bezieht. Mit Hilfe linguistisch-theoretischer Ansätze sowie psycho- und neurolinguistischer Diagnostik und Experimenten kann geklärt werden, wie semantische Repräsentationen organisiert sind.

V. LITERATURVERZEICHNIS

- Aguirre, G.K., Zarahn, E. & D'Esposito, M.D. (1998). An area with human ventral cortex sensitive to "building" stimuli: evidence and implications. *Neuron*, 21:373-383.
- Aitchison, J. (1997). *Wörter im Kopf. Eine Einführung in das mentale Lexikon*. Tübingen: Niemeyer.
- Algeo, J. (1973). *On defining the proper name*. Gainesville: University of Florida Press.
- Arguin, M., Bub, D. & Dudek, G. (1996). Shape integration for visual object recognition and its implication in category-specific visual agnosia. *Visual Cognition*, 3:221–275.
- Aronoff, J.M., Gonnermann, L.M., Almor, A., Kempler, D. & Andersen, E.S. (2004). The role of similarity structure in category specific deficits in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 91:154-155.
- Barbarotto, R., Capitani, E. & Laiacona, M. (1996). Naming deficit in herpes simplex encephalitis. *Acta Neurologica Scandinavica*, 93:272–280.
- Barbarotto, R., Capitani, E. & Laiacona, M. (2001). Living musical instruments and inanimate body parts? *Neuropsychologia*, 39:406-414.
- Barbarotto, R., Capitani, E., Spinnler, H. & Trivelli, C. (1995). Slowly progressive semantic impairment with category specificity. *Neurocase*, 1:107–119.
- Barbarotto, R., Laiacona, M., Macchi, V. & Capitani, E. (2002). Picture reality decision, semantic categories and gender. A new set of pictures, with norms and an experimental study. *Neuropsychologia*, 40:1637-1653.
- Bärenfänger, O. (2002). Untersuchungen zur Repräsentation von Bedeutung: die Prototypensemantik. In: H.M. Müller (Hrsg.). *Arbeitsbuch Linguistik*. Paderborn: Schöningh UTB, pp. 199-209.
- Barry, C. & McHattie, J.V. (1998/1995). Problems naming animals: a category-specific anomia or a misnomer? *Neurocase*, 4:399.
- Basso, A., Capitani, E., Laiacona, M. (1998). Progressive language impairment without dementia: a case with isolated category specific semantic defect. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 51:1201-1207.

- Becker, J.T. & Overman, A.A. (2002). The semantic memory deficit in Alzheimer's disease. *Revista de Neurologia*, 35:777-783.
- Behrmann, M. & Lieberthal, T. (1989). Category-specific treatment of a lexical-semantic deficit: a single case study of global aphasia. *British Journal of Disorders of Communication*, 24:281-299.
- Bookheimer, S. (2002). Functional MRI of language: new approaches to understanding the cortical organization of semantic processing. *Annual Reviews Neuroscience*, 25:151-188.
- Borgo, F. & Shallice, T. (2001). When living things and other 'sensory quality' categories behave in the same fashion: a novel category specificity effect. *Neurocase*, 7:201-220.
- Borgo, F., Mondini, S. & Bisiacchi, P. (2003). Semantic access processing in a supra-modal deficit: a single case study. *Brain and Cognition*, 53:202-206.
- Bortz, J & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. 6. Aufl. Berlin: Springer.
- Brazier, M.A.B. (1961). *A history of the electrical activity of the brain. The first half century*. London: Pitman Medical Publishing Co.
- Breedin S.D., Saffran E.M. & Coslett, B.H. (1994). Reversal of the concreteness effect in a patient with semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 11:617-660.
- Brosius, F. (2004). *SPSS 12*. 1. Aufl. Bonn: mitp-Verlag.
- Bühl, A. & Zöfel, P. (2005). *SPSS 12: Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows*. München: Pearson Studium.
- Bußmann, H. (2002). *Lexikon der Sprachwissenschaft*. 3. Aufl. Stuttgart: Kröner.
- Cacioppo, J.T., Tassinary, L.G. & Berntson, G.G. (2000). Psychophysiological science. In J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary & G.G. Berntson (Eds.). *Handbook of psychophysiology*. Cambridge: University Press, pp. 3-23.
- Capitani, E., Laiacona, M. & Barbarotto, R. (1993). Dissociazioni semantiche intercategoriale. Parte II: procedura automatica di analisi di una batteria standardizzata. *Archivio di Psicologia, Neurologia e Psichiatria*, 54:457-476.
- Capitani, E., Laiacona, M., Mahon, B. & Caramazza A. (2003). What are the facts of semantic category-specific deficits? A critical review of the clinical evidence. *Cognitive Neuropsychology*, 20: 213-261.

- Cappa, S.F., Frugoni, M., Pasquali, P., Perani, D. & Zorat, F. (1998a). Category-specific naming impairment for artefacts: a new case. *Neurocase*, 4:391-397.
- Cappa, S.F., Perani, D., Schnur, T., Tettamanti, M. & Fazio, F. (1998b). The effects of semantic category and knowledge type on lexical-semantic access: a PET-study. *NeuroImage*, 8:350-359.
- Caramazza, A. (1996a). Pictures, words and the brain. *Nature*, 383:216-217.
- Caramazza, A. (1996b). The brain's dictionary. *Nature*, 380:485-486.
- Caramazza, A. (1998). The interpretation of semantic category-specific deficits: What do they reveal about the organization of conceptual knowledge in the brain? *Neurocase*, 4:265-272.
- Caramazza, A. & Shelton, J. (1998). Domain-specific knowledge systems in the brain: the animate-inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10:1-34.
- Caramazza, A. (2000). Minding the facts: a comment on Thompson-Schill et al.'s "A neural basis for category and modality specificity of semantic knowledge". *Neuropsychologia*, 38:944-949.
- Caramazza, A., Hillis, A.E., Rapp, B. & Romani, C. (1990). The multiple semantics hypothesis: multiple confusion? *Cognitive Neuropsychology*, 7:161-189.
- Carbonnel, S., Charnallet, A., David, D. & Pellat, J. (1997). One or several semantic systems? Maybe none: evidence from a case study of modality and category-specific "semantic" impairment. *Cortex*, 33: 391-417.
- Cardebat, D., Demonet, J.-F., Celsis, P. & Puel, M. (1996). Living/non-living dissociation in a case of semantic dementia: a SPECT activation study. *Neuropsychologia*, 34:1175-1179.
- Chao, L.L. & Martin, A. (2000). Rapid communication. Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *NeuroImage*, 12:478-484.
- Chao, L.L., Haxby, J.V. & Martin, A. (1999). Attribute-based neural substrate in posterior temporal cortex for perceiving and knowing about objects. *Nature Neuroscience*, 2:913-19.
- Chao, L.L., Weisberg, J. & Martin, A. (2002). Experience-dependent modulation of category-related cortical activity. *Cerebral Cortex*, 12:545-551.
- Charnallet, A. & Carbonnel, S. (1995). Agnosie et deficits categorie-specifiques: confrontation des modeles symboliques et episodiques. *Revue de Neuropsychologie*, 5:463-488.

- Cooper, R., Osselton, J.W. & Shaw, J.C. (1984). *Elektroenzephalographie*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- De Haan, E.H.F., Young, A.W. & Newcombe, F. (1992). Neuropsychological impairment of face recognition units. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44:141–175.
- De Renzi, E. & Lucchelli, F. (1994). Are semantic systems separately represented in the brain? The case of living category impairment. *Cortex*, 30:3–25.
- Decety, J. (1996). The neurophysiological basis of motor imagery. *Behavioural Brain Research*, 77:45-52.
- Dehaene, S. (1995). Electrophysiological evidence for category-specific word processing in the normal human brain. *Neuroreport*, 6:2153-2157.
- D'Esposito, M., Detre, J.A., Aguirre, G.K., Stallcup, M., Alsop, D.C., Tippet, L.J. & Farah, M.J. (1997). A functional MRI study of mental image generation. *Neuropsychologia*, 35:725-730.
- Devlin, J.T., Russell, R.P., Davis, M.H., Price, C.J., Moss, H.E., Fadili, M.J. & Tyler, L.K. (2002). Is there an anatomical basis for category-specificity? Semantic memory studies in PET and fMRI. *Neuropsychologia*, 40:54-75.
- Dixon, M.J., Piskopos, M. & Schweizer, T.A. (2000). Musical instrument naming impairments: the crucial exception to the living/nonliving dichotomy in category-specific agnosia. *Brain and Cognition*, 43:158-164.
- Dobel, C., Pulvermüller, F., Härle, M, Cohen, R., Köbbel, P., Schönle, P.W. & Rockstroh, B. (2001). Syntactic and semantic processing in the healthy and aphasic human brain. *Experimental Brain Research*, 140:77-85.
- Duchateau, L. & Janssen, P. (1997). An exemplar-based tour in linear mixed models. In: G. Verbeke & G. Molenberghs (Hrsg.). *Linear mixed models in practice*. Springer: New York.
- Dudenredaktion (Hrsg.) (2005). Duden – Die Grammatik. 7.Aufl. Mannheim: Dudenverlag.
- Duus, P. (1995). *Neurologisch-topische Diagnostik*. 6. überarbeitete Aufl. Stuttgart: Thieme.
- Engelkamp, J. & Pechmann, T. (Hrsg.) (1993). *Mentale Repräsentation*. Göttingen: Huber.
- Engelkamp, J. & Rummer, R. (1999). Mentales Lexikon und Gedächtnisarchitektur. In N. Birbaumer (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie*. Göttingen: Hogrefe, pp. 155-201.

- Farah, M.J., Hammond, K.M., Mehta, Z. & Ratcliff, G. (1989). Category-specificity and modality-specificity in semantic memory. *Neuropsychologia*, 27:193-200.
- Farah, M.J., McMullen, P.A. & Meyer, M.M. (1991). Can recognition of living things be selectively impaired? *Neuropsychologia*, 29:185-193.
- Farah, M.J., Meyer, M.M. & McMullen, P.A. (1996). The living/non-living dissociation is not an artefact: giving an implausible hypothesis a strong test. *Cognitive Neuropsychology*, 13:137-154.
- Farah, M.J., Wallace, M.A. (1992). Semantically bounded anomia: implications for the neural implementation of naming. *Neuropsychologia*, 30:609-621.
- Farke, H. & Felix, S.W. (1990). Struktur und Funktion des Lexikons in der menschlichen Sprachverarbeitung. In S.W. Felix, S. Kanngießer & G. Rickheit (Hrsg.). *Sprache und Wissen. Studien zur kognitiven Linguistik*. Opladen: Westdeutscher Verlag, pp. 135-150.
- Ferreira, C.T., Giusiano, B. & Poncet, M. (1997). Category-specific anomia: implication of different neural networks in naming. *NeuroReport*, 8:1595-1602.
- Forde, E.E. & Humphreys, G.W. (1999). Category-specific recognition impairments: A review of important case studies and influential theories. *Aphasiology*, 13:169-193.
- Forde, E.M.E., Francis, D., Riddoch, M.J., Rumiati, R.I. & Humphreys, G.W. (1997). On the links between visual knowledge and naming: a single case study of a patient with a category-specific impairment for living things. *Cognitive Neuropsychology*, 14:403-458.
- Franselow & Staudacher (1991). Wortsemantik. In: A. von Stechow (Hrsg.), *Semantik: ein internationales Handbuch der zeitgenössischen Forschung. Handbücher zur Sprach- und Kommunikationswissenschaft*, Bd. 6. Berlin: de Gruyter, pp. 53-70.
- Frauenfelder, U.H. & Floccia, C. (1999). Das Erkennen gesprochener Wörter. In: A. Friederici (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie*. Göttingen: Hogrefe, pp. 1-48.
- Friederici, A. & von Cramon, D. Y. (1999). Neurobiologische Grundlagen des Sprachverstehens. In: N. Birbaumer (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie*. Göttingen: Hogrefe, pp. 307-349.
- Friederici, A. (1997). Neurophysiological aspects of language processing. *Clinical Neuroscience*, 4:64-72.

- Funnell, E. & De Mornay Davies, P. (1996). JBR: a reassessment of concept familiarity and a category-specific disorder for living things. *Neurocase*, 2:461-474.
- Funnell, E. (2000). Apperceptive agnosia and the visual recognition of the object categories in dementia of the Alzheimer type. *Neurocase*, 6, 451–463.
- Gaillard, M.J., Auzou, P., Miret, M., Ozsancak, C. & Hannequin, D. (1998). Trouble de la dénomination pour les objets manufacturés dans un cas d'encéphalite herpétique. *Révue Neurologique*, 154:683–689.
- Gainotti, G. (2000). What the locus of brain lesion tells us about the nature of the cognitive defect underlying category-specific disorders: a review. *Cortex*, 36:539-560.
- Gainotti, G. (2005). The influence of gender and lesion location on naming disorders for animals, plants and artefacts. *Neuropsychologia*, 43:1633-1644.
- Gainotti, G., Silveri, M.C. (1996). Cognitive and anatomical locus of lesion in a patient with a category-specific semantic impairment for living beings. *Cognitive Neuropsychology*, 13:357–389.
- Gerlach, C., Law, I., Gade, A. & Paulson, O.B. (2000). Categorization and category effects in normal object recognition: a PET study. *Neuropsychologia*, 38:1693-1703.
- Glaser, W.R. (1994). Picture naming. *Cognition*, 42:61–105.
- Glück, H. (Hrsg.) (2000). *Metzler-Lexikon Sprache*. Stuttgart/Weimar: J.B. Metzler.
- Gonnerman, L.M., Andersen, E.S., Devlin, J.T., Kempler, D. & Seidenberg, M.S. (1997). Double dissociation of semantic categories in Alzheimer disease. *Brain and Language*, 57:254–279.
- Grabowski, T.J., Damasio, H. & Damasio, A.R. (1998). Premotor and Prefrontal Correlates of Category-Related Lexical Retrieval. *NeuroImage*, 7:232-243.
- Greimas, A.J. (1971). *Strukturelle Semantik*. (Deutsche Übersetzung von: Sémantique structurale. Paris: Larousse, 1966). Braunschweig: Vieweg.
- Grinstead, K. & Rusted, J. (2001). Do people with Alzheimer's disease have a disproportionate deficit in functional knowledge? Verbal versus motoric access to semantic memory. *Aging and Mental Health*, 5:295-300.
- Grosjean, F. (1980). Spoken word recognition processes and the gating paradigm. *Perception and Psychophysics*, 28:267-283.

- Grossmann, M., Koenig, P., Glosser, G., De Vita, Ch., Moore., P., Rhee, J., Detre, J., Alsop, D. & Gee, J. (2003). Neural basis for semantic memory in Alzheimer's disease: an fMRI study. *Brain*, 126:292-311.
- Hanley, J.R., Young, A.W. & Pearson, N.A. (1989). Defective recognition of familiar people. *Cognitive Neuropsychology*, 6:179-210.
- Harrison, V. (Ed.) (1990). *Color Library. Color Cards*. Bicester: Winslow Press.
- Hart, J. & Gordon, B. (1992). Neural subsystems for object knowledge. *Nature*, 359:60-64.
- Hart, J., Berndt, R.S. & Caramazza, A. (1998). Category-specific naming deficit following cerebral infarction. *Neurocase*, 4:399-427.
- Hartje, W. (Hrsg.) (2002). *Klinische Neuropsychologie*. Stuttgart Thieme.
- Hécaen, H. & De Ajuriaguerra, J. (1956). Agnosie visuelle pour les objets inanimées par lésion unilatérale gauche. *Révue Neurologique*, 94:222-233.
- Hillis, A.E. & Caramazza, A. (1991). Category-specific naming and comprehension impairment: a double dissociation. *Brain*, 114,:2081-2094.
- Hillis, A.E., Rapp, B., Romani, C. & Caramazza, A. (1990). Selective impairment of semantics in lexical processing. *Cognitive Neuropsychology*, 4:399-427.
- Hirono, N., Mori, E., Ishii, K., Imamura, T., Tanimukai, S., Hiroaki Kazui, H., Hashimoto, M., Takatsuki, Y., Kitagaki, H. & Sasaki, M. (2001). Neuronal substrates for semantic memory: a Positron Emission Tomography study in Alzheimer's disease . *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 12:15-21.
- Hjelmlev, L. (1968). *Die Sprache*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Hoffmann, J. (1986). *Die Welt der Begriffe. Psychologische Untersuchungen zur Organisation des menschlichen Wissens*. Weinheim: Beltz.
- Humphreys, G.W. & Forde E.M.E. (2001). Hierarchies, similarity, and interactivity in object recognition: "category-specific" neuropsychological deficits. *Behavioral and Brain Sciences*, 24:453-509.
- Humphreys, G.W. & Riddoch, M.J. (2003). A case series analysis of "category-specific" deficits of living things: the HIT account. *Cognitive Neuropsychology*, 20:263-306.
- Humphreys, G.W., Riddoch, M.J. & Quinlan, P.T. (1988). Cascade processes in picture identification. *Cognitive Neuropsychology*, 5:67-104.
- Jasper, H.H. (1958). The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10:371-375.

- Kandel, E.R., Schwartz, J.H. & Jessell, T.M. (1995). *Neurowissenschaften. Eine Einführung*. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg.
- Khateb, A., Michel, C.M. & Pegna, A.J. (2001). The time course of semantic category processing in the cerebral hemispheres: an electrophysiological study. *Cognitive Brain Research*, 10:251-264.
- Kiefer, M. (1999). *Die Organisation des semantischen Gedächtnisses*. Bern: Huber.
- Kiefer, M. (1996). Poodle, dog or animal? Specificity of object names as a result of flexible concept-word activation. In R. Meyer-Klabunde & C. von Stutterheim (Eds.). *Conceptual and semantic knowledge in language production. Proceedings of a Workshop of the Special Collaborative Research Program 245 "Language and Situation"*. Universität Heidelberg, pp. 186-204.
- Kiefer, M. (2001). Perceptual and semantic sources of category-specific effects: event-related potentials during picture and word categorization. *Memory and Cognition*, 29:100-116.
- Kiefer, M. (2005). Repetition-priming modulates category-related effects on event-related potentials: further evidence for multiple cortical semantic systems. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17:199-211.
- Kiefer, M. & Spitzer, M. (2001). The limits of a distributed account of conceptual knowledge. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 5:469-471.
- Kiefer, M., Mangold-Allwinn, R. & Barattelli, S. (1995). Vom generierten Konzept bis zum endodierten Wort. Zur Determination der lexikalischen Spezifität von Objektbenennungen. *Linguistische Berichte*, 159:381-411.
- Kiefer, M., Weisbrod, M. & Spitzer, M. (1998). Zur funktionellen Neuroanatomie und Psychopathologie des semantischen Gedächtnisses. *Psychologische Rundschau*, 49:132-143.
- Kiefer, M., Weisbrod, M., Kern, I., Maier, S. & Spitzer, M. (1998). Right hemisphere activation during indirect semantic priming: evidence from event-related potentials. *Brain and Language*, 64:377-408.
- Krifka, M. (1991). Massennomina. In: A. von Stechow (Hrsg.). *Semantik : ein internationales Handbuch der zeitgenössischen Forschung. Handbücher zur Sprach- und Kommunikationswissenschaft*, Bd. 6. Berlin: de Gruyter, pp. 399-417.
- Kurbat, M.A. (1997). Can the recognition of living things really be selectively impaired? *Neuropsychologia*, 35:813 –827.

- Kutas, M. & Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207:203-205.
- Kutas, M. & Van Petten, C. (1994). Psycholinguistics electrified: event-related brain potential investigations. In: M.A. Gernsbacher (Ed.). *Handbook of Psycholinguistics*. San Diego: Academic Press, pp. 83-143.
- Laiacona, M. & Capitani, E. (2001). A case of prevailing deficit of nonliving categories or a case of prevailing sparing of living categories? *Cognitive Neuropsychology*, 18:39-70.
- Laiacona, M., Barbarotto, R. & Capitani, E. (1993). Perceptual and associative knowledge in category specific impairment of semantic memory: a study of two cases. *Cortex*, 29:727-740.
- Laiacona, M., Capitani, E. & Barbarotto, R. (1997). Semantic Category dissociations: a longitudinal study of two cases. *Cortex*, 33:441-461.
- Laiacona, M., Capitani, E. & Caramazza, A. (2003). Category-specific semantic deficits do not reflect the sensory/functional organization of the brain: a test on the "sensory quality" hypothesis. *Neurocase*, 9:221-231.
- Lambon Ralph, M.A., Howard, D., Nightingale, G. & Ellis, A.W. (1998). Are living and non-living category-specific deficits causally linked to impaired perceptual or associative knowledge? Evidence from a category-specific double dissociation. *Neurocase*, 4:311-338.
- Laws, K.R. (1998). Leopards never change their spots: A reply to Moss, Tyler, and Jennings. *Cognitive Neuropsychology*, 15:467-479.
- Laws K.R., Leeson, V.C. & Gale, T.M. (2002). Category-specific naming and the "visual" characteristics of line drawn stimuli. *Cortex*, 38:7-21.
- Laws, K.R., Evans, J.J., Hodges, J.R. & McCarthy, R.A. (1995). Naming without knowing and appearance without associations: evidence for constructive processes in semantic memory? *Memory*, 3:409-433.
- Lecours, S., Arguin, M., Bub, D., Caille, S. & Fontaine, S. (1999). Semantic proximity and shape feature integration effects in visual agnosia for biological kinds. *Brain and Cognition*, 40:171-173.
- Lee, A.C.H., Graham, K.S., Simons, J.S., Hodges, J.R., Owen, A.M. & Patterson, K. (2002). Regional brain activations differ for semantic features but not categories. *NeuroReport*, 13:1497-1501.
- Lesser, R. & Milroy, L. (1993). *Linguistics and aphasia: psycholinguistic and pragmatic aspects of intervention*. London: Longman.

- Levelt, W.J.M. (2000). Producing spoken language: a blueprint of the speaker. In: C.M. Brown & P. Hagoort (Eds.). *The neurocognition of language*. New York: Oxford University Press, pp. 84-122.
- Levelt, W.J.M., Roelofs, A. & Meyer, A.S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22:1-38.
- Libben, G. & Jarema, G. (2002). Mental Lexicon Research in the New Millennium. *Brain and Language*, 81:2-11.
- Lyons, F., Hanley, J.R. & Kay, J. (2002). Anomia for common names and geographical names with preserved retrieval of names of people: a semantic memory disorder. *Cortex*, 38:23-35.
- Lyons, J. (1991). Bedeutungstheorien. In: A. von Stechow (Hrsg.), *Semantik: ein internationales Handbuch der zeitgenössischen Forschung. Handbücher zur Sprach- und Kommunikationswissenschaft*, Bd. 6. Berlin: de Gruyter, pp. 1-24.
- Magnié, M.N., Ferreira, C.T., Giusiano, B. & Poncet, M. (1999). Category specificity in object agnosia: preservation of sensorimotor experiences related to objects. *Neuropsychologia*, 37, 67-74.
- Mahon, B.Z. & Caramazza, A. (2003). There are facts... and then there are facts. Reply to Moss and Tyler. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 7:481-482.
- Mandler, J.M. (1992). How to build a baby: II. Conceptual primitives. *Psychological Review*, 99:587-604.
- Mangasser-Wahl, M. (2000). Roschs Prototypentheorie – Eine Entwicklung in drei Phasen. In: M. Mangasser-Wahl (Hrsg.) *Prototypentheorie in der Linguistik: Anwendungsbeispiele – Methodenreflexion – Perspektiven*. Tübingen: Stauffenburg, pp. 15-31.
- Mangold-Allwinn, R., Barattelli, S., Kiefer, M. & Koelbing, H.G. (1995). *Wörter für Dinge. Von flexiblen Konzepten zu variablen Benennungen*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Marques, J.F. (2002). An attribute is worth more than a category: testing different semantic memory organisation hypotheses in relation to the living/nonliving things dissociation. *Cognitive Neuropsychology*, 19:463-478.
- Marslen-Wilson, W.D. & Tyler, L.K. (1980). The temporal structure of spoken language understanding. *Cognition*, 8:1-71.
- Martin, A. & Caramazza, A. (2003). Neuropsychological and neuroimaging perspectives on conceptual knowledge: an introduction. *Cognitive Neuropsychology*, 20:195 – 212.

- Martin, A. & Chao, L. (2001). Semantic memory and the brain: structure and processes. *Current Opinion in Neurobiology*, 11:194-201.
- Mauri, A., Daum, I., Sartori, G., Riesch, G. & Birbaumer, N. (1994). Category-specific semantic impairment in Alzheimer's disease and temporal lobe dysfunction: a comparative study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16:689-701.
- McCarthy, R.A., Warrington, K. (1988). Evidence for modality-specific meaning systems in the brain. *Nature*, 334:428-430.
- McKenna, P. & Warrington, E.K. (1980). Testing for nominal dysphasia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 42:781-788.
- Medin, D.M. & Schaffer, M.M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85: 207-238.
- Mehta, Z., Newcombe, F. & De Haan, E. (1992). Selective loss of imagery in a case of visual agnosia. *Neuropsychologia*, 30:645-655.
- Moore, C.J. & Price, C.J. (1999). A functional neuroimaging study of the variables that generate category-specific object processing differences. *Brain*, 122:943-962.
- Moss, H.E. & Tyler, L.K. (1997). A category-specific semantic deficit for non-living things in a case of progressive aphasia. *Brain and Language*, 60:55-57.
- Moss, H.E. & Tyler, L.K. (2000). A progressive category-specific semantic deficit for non-living things. *Neuropsychologia*, 38:60-82.
- Moss, H.E., Tyler, L.K. & Jennings, F. (1997). When leopards lose their spots: knowledge of visual properties in category-specific deficits for living things. *Cognitive Neuropsychology*, 14:901-50.
- Moss, H.E., Tyler, L.K., Durrant-Peatfield, M. & Bunn, E.M. (1998). "Two Eyes of a See-through": impaired and intact semantic knowledge in a case of selective deficit for living things. *Neurocase*, 4:291-310.
- Müller, H.M. (2002). Was ist Sprache? In: H.M. Müller (Hrsg.) *Arbeitsbuch Linguistik*. Stuttgart: Uni-Taschenbuch, pp. 19-32.
- Müller, H.M. (2003). Neurobiologische Grundlagen der Sprache. In: G. Rickheit, T. Herrmann & W. Deutsch (Hrsg.). *Psycholinguistik: ein internationales Handbuch*. Berlin: de Gruyter, pp. 57-80.
- Müller, H.M. (2004). Zur physiologischen Realität sprachlicher Kategorien. In: H.M. Müller & G. Rickheit (Hrsg.). *Neurokognition der Sprache*. Tübingen: Stauffenburg, pp. 71-89.

- Müller, H.M. & Kutas, M. (1996). What's in a name? Electrophysiological differences between spoken nouns, proper names, and one's own name. *NeuroReport*, 8:221-225.
- Müller, H.M. & Weiss, S. (2000). Prototypen und Kategorisierung aus neurobiologischer Sicht. In: M. Mangasser-Wahl (Hrsg.). *Prototypentheorie in der Linguistik. Anwendungsbeispiele - Methodenreflexion - Perspektiven*. Tübingen: Stauffenburg, pp. 55-71.
- Müller, H.M. & Weiss, S. (2002). Neurobiologie der Sprache: Experimentelle Neurolinguistik. In: H.M. Müller (Hrsg.). *Arbeitsbuch Linguistik*. Stuttgart: Uni-Taschenbuch, pp. 406-422.
- Müller, H.M., King, J.W. & Kutas, M. (1997). Event related potentials elicited by spoken relative clauses. *Cognitive Brain Research*, 5:193-203.
- Mummery, C.J., Patterson, K., Hodges, J.R. & Price, C.J. (1998). Functional Neuroanatomy of the Semantic System: divisible by What? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10:766-777.
- Murre, J.M.J., Graham, K.S. & Hodges, J.R. (2001). Semantic dementia: relevance to connectionist models of long-term memory. *Brain*, 124:647-675.
- Neppert, J. (1992): *Elemente einer akustischen Phonetik*, 3. Aufl. Hamburg: Buske.
- Niedermeyer, E. & Lopez da Silva, F. (2002). *Electroencephalography*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Nielsen, J.M. (1946). *Agnosia, apraxia, aphasia: their value in cerebral localization*. New York: Paul B. Hoeber.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9:97-113.
- Paivio, Allan (1986). *Mental Representations. A Dual Coding Approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Parkin, A.J. (1993). Progressive aphasia without dementia – a clinical and cognitive neuropsychological analysis. *Brain and Language*, 44:201-220.
- Perani, D., Cappa, S., Bettinardi, V., Bressi, S., Gorno-Tempini, M., Matarrese, M. & Fazio, F. (1995). Different neural systems for the recognition of animals and man-made tools. *NeuroReport*, 6:1637-41.
- Perani, D., Schnur, T. & Tettamanti, M. (1999). Word and picture matching: a PET study of semantic category effects. *Neuropsychologia*, 37:293-306.

- Philips, J.A., Noppeney, U., Humphreys, G.W. & Price, C.J. (2002). Can segregation within the semantic system account for category-specific deficits? *Brain*, 125:2067-2080.
- Pietrini, V., Nertempi, P., Vaglia, A., Revello, M.G., Pinna, V. & Ferro-Milone, F. (1988). Recovery from herpes simplex encephalitis: selective impairment of specific semantic categories with neuroradiological correlation. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 51:1284-93.
- Pilgrim, L.K., Fadili, J., Fletcher, P. & Tyler, L.K. (2002). Overcoming confounds of stimulus blocking: an event-related fMRI design of semantic processing. *NeuroImage*, 16:713-723.
- Pregel, D. & Rickheit, G. (1987). *Der Wortschatz im Grundschulalter: Häufigkeitswörterbuch zum verbalen, substantivischen und adjektivischen Wortgebrauch*. Hildesheim: Olms.
- Pulvermüller, F. (1999a). Words in the brain's language. *Behavioral and Brain Sciences*, 22:253– 336.
- Pulvermüller, F., Lutzenberger, W. & Preissl, H. (1999b). Nouns and verbs in the intact brain: evidence from event-related potentials and high-frequency cortical responses. *Cerebral Cortex*, 9:497-506
- Pulvermüller, F., Mohr, B. & Schleichert, H. (1999c). Semantic or lexico-syntactic factors: what determines word-class specific activity in the human brain? *Neuroscience Letters*, 275:81-84.
- Quillian, M.R. (1967). Word Concepts: a theory and simulation of some basic semantic capabilities. *Behavioral Science*, 12:410-430.
- Rappelsberger, P. (2000). Technische Grundlagen der Elektrophysiologie mit spezieller Berücksichtigung evozierter Potentiale: Elektroden. *Neurophysiologisches Labor*, 22:23-33.
- Richard, M. (Hrsg.) (2003). *Meaning*. Bodmin: Blackwell.
- Rickheit, G. & Strohner, H. (1993). *Grundlagen der kognitiven Sprachverarbeitung*. Tübingen: Francke.
- Riddoch, M.J., Humphreys, G.W., Gannon, T., Blott, W. & Jones, V. (1999). Memories are made of this: the effects of time on stored visual knowledge in a case of visual agnosia. *Brain*, 122:537–559.
- Rosazza, C., Imbornone, E., Zorzi, M., Farina, E., Chiavari, L. & Cappa, S.F. (2003). The heterogeneity of category-specific semantic disorders: evidence from a new case. *Neurocase*, 9:189-202.

- Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104:192-233.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In: E. Rosch & B.B. Lloyd (Eds.). *Cognition and Categorization*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 27-48.
- Rosch, E., Mervis, C.B., Gray, W.D., Johnson, D.M. & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8:382-439.
- Rösler, F. (1982). *Hirnelektrische Korrelate kognitiver Prozesse*. Berlin: Springer.
- Sacchett, C. & Humphreys, G.W. (1992). Calling a squirrel a squirrel, but a canoe a wigwam: a category-specific deficit for artefactual objects and body parts. *Cognitive Neuropsychology*, 9:73-86.
- Saffran, E.M. (2000). The organization of semantic memory: in support of a distributed model. *Brain and Language*, 71:204-217.
- Samson, D., Pillon, A. & De Wilde, V. (1998). Impaired knowledge of visual and non-visual attributes in a patient with a semantic impairment for living entities: a case of a true category-specific deficit. *Neurocase*, 4:273-290.
- Sartori, G. & Job, R. (1988). The oyster with four legs: a neuropsychological study on the interaction of visual and semantic information. *Cognitive Neuropsychology*, 5:105-132.
- Sartori, G., Coltheart, M., Miozzo, M. & Job, R. (1988). Category-specificity and informational specificity in neuropsychological impairment of semantic memory. *Neurocase*, 4:399-427.
- Sartori, G., Job, R., Miozzo, M., Zago, S. & Marchiori, G. (1993). Category-specific form-knowledge deficit in a patient with herpes simplex virus encephalitis. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 15:280-299.
- Sartori, G., Miozzo, M. & Job, R. (1994). Rehabilitation of semantic memory impairments. In M.J. Riddoch & G.W. Humphreys (Eds.), *Cognitive neuropsychology and cognitive rehabilitation*. Hove: Lawrence Erlbaum, pp. 103-124.
- Schandry, R. (1996). *Lehrbuch Psychophysiologie*. 3. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Schmidt, R.F. & Schaible, H.-G. (Hrsg.) (2000). *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Springer: Berlin.

- Schmitt, B., Schiller, N.O., Rodriguez-Fornells, A. & Münte, T.F. (2004). Elektrophysiologische Studien zum Zeitverlauf von Sprachprozessen. In: H.M. Müller & G. Rickheit (Hrsg.) *Neurokognition der Sprache*. Tübingen: Stauffenburg, pp. 51-70.
- Schubi Foto Didac (1991). *Gegenstände auf Fotokarten*. Bicester: Winslow Press.
- Schumacher, F. & Steiner, P. (2002). Aspekte der Bedeutung: Semantik. In: H.M. Müller (Hrsg.), *Arbeitsbuch Linguistik*. Paderborn: Schöningh UTB, pp. 170-198.
- Schwarz, M. & Chur, J. (1996). *Semantik: ein Arbeitsbuch*. Tübingen: Narr.
- Shelton, J.R., Fouch, E. & Caramazza, A. (1998). The selective sparing of body part knowledge: a case study. *Neurocase*, 4:339-351.
- Sheridan, J. & Humphreys, G.W. (1993). A verbalsemantic, category-specific recognition impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 10:143–184.
- Shtyrov, Y., Hauk, O. & Pulvermüller, F. (2004). Distributed neural networks for encoding category-specific semantic information: the mismatch negativity to action words. *European Journal of Neuroscience*, 19:1083-1092.
- Silveri, M.-C. & Gainotti, G. (1988). Interaction between vision and language in category-specific semantic impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 5:677-709.
- Silveri, M.-C., Gainotti, G., Perani, D., Cappelletti, J.Y., Carbone, G. & Fazio, F. (1997). Naming deficit for non-living items: neuropsychological and PET study. *Neuropsychologia*, 35:359-367.
- Skrandies W. (1999) Psychophysische und elektrophysiologische Untersuchungsmethoden. In H.J. Markowitsch (Hrsg.). *Enzyklopädie der Psychologie, Grundlagen der Neuropsychologie*. Göttingen: Hogrefe, pp. 423-486.
- Snodgrass, J.G. & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6:174-215.
- Springer, S.P. & Deutsch, G. (1998). *Linkes – rechtes Gehirn*. 4. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg.
- Stewart, F., Parkin, A.J. & Hunkin, N.M. (1992). Naming impairment following recovery from herpes simplex encephalitis: category-specific? *Neurocase*, 44:261-284.
- Stöhr, M. (1996). *Evozierte Potentiale: SEP - VEP - AEP - EKP – MEP*. Berlin: Springer.

- Sucharowski, W. (1996). *Sprache und Kognition: neuere Perspektiven in der Sprachwissenschaft*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Swales, M. & Johnson, R. (1992). Patients with semantic memory loss: Can they relearn lost concepts? *Neuropsychological Rehabilitation*, 2:295-305.
- Takarae, Y. & Levin, D.T. (2001). Animals and artifacts may not be treated equally: differentiating strong and weak forms of category-specific visual agnosia. *Brain and Cognition*, 45:249-264.
- Tanaka, J., Luu, P., Weisbrod, M. & Kiefer, M. (1999). Tracking the time course of object categorization using event-related potentials. *NeuroReport*, 10:829-835.
- Teixeira Ferreira, C., Giusiano, B. & Poncet, M. (1997). Category-specific anomia: implication of different neural networks in naming. *Neuroreport*, 8:1595-1602.
- Tesak, J. (1997). *Einführung in die Aphasologie*. Stuttgart: Thieme.
- The CELEX lexical database (1995). *Release 2; dutch version 3.1, english version 2.5, german version 2.5*. Centre for Lexical Information, Max Planck Institute for Psycholinguistics, Nijmegen.
- Thierry, G., Cardebat, D. & Démonet, J.-F. (2003). Electrophysiological comparison of grammatical processing and semantic processing of single spoken nouns. *Cognitive Brain Research*, 17:535-547.
- Thompson-Schill, S.L. (2003). Neuroimaging studies of semantic memory: inferring "how" from "where". *Neuropsychologia*, 41:280-292.
- Thompson-Schill, S.L., Aguirre, G.K. D'Esposito, M. & Farah, M.J. (1999). A neural basis for category and modality specificity of semantic knowledge. *Neuropsychologia*, 37:671-676.
- Tranel, D., Damasio, H. & Damasio, A.R. (1997). A neural basis for the retrieval of conceptual knowledge. *Neuropsychologia*, 35:1319-1327.
- Tranel, D., Logan, C.G., Frank, R.J. & Damasio, A.R. (1997). Explaining category-related effects in the retrieval of conceptual and lexical knowledge for concrete entities: operationalization and analysis of factors. *Neuropsychologia*. 35:1329-1339.
- Trier, J. (1931/1973). *Der deutsche Wortschatz im Sinnbezirk des Verstandes: von den Anfängen bis zum Beginn des 13. Jahrhunderts*. 2. Aufl., (Reprint der Ausgabe von 1931). Heidelberg: Winter.
- Turnbull, O.H. & Laws, K.R. (2000). Loss of stored knowledge of object structure: implication for "category-specific" deficits. *Cognitive Neuropsychology*, 17:365-389.

- Tyler, L.K. & Moss, H.E. (1997). Functional properties of concepts: studies of normal and brain-damaged patients. *Cognitive Neuropsychology*, 14:511-545.
- Tyler, L.K. & Moss, H.E. (2001). Towards a distributed account of conceptual knowledge. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 5:244-252.
- Tyler, L.K., Bright, P., Dick, E., Tavares, P., Pilgrim, L., Fletcher, P., Greer, M. & Moss, H. (2003). Do semantic categories activate distinct cortical regions? PET studies of picture processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20:541-561.
- Tyler, L.K., Moss, H.E., Durrant-Peatfield, M.R. & Levy, J.P. (2000). Conceptual structure and the structure of concepts: a distributed account of category-specific deficits. *Brain and Language*, 75: 195-231.
- Warrington, E.K. (1975). The selective impairment of semantic memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27:635-657.
- Warrington, E.K. & McCarthy, R. (1983). Category specific access dysphasia. *Brain*, 106:859-878.
- Warrington, E.K. & McCarthy, R.A. (1987). Categories of knowledge. Further fractionation and an attempted integration. *Brain*, 110:1273–1296.
- Warrington, E.K. & Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. *Brain*, 107:829-854.
- Weiss, S. (1994). *EEG als Korrelat mentaler Prozesse. Spektralanalyse des Spontan-EEG in Ruhe und während sprachlicher Aufgaben*. Univ.-Diss. Wien.
- Weiss, S. (1997). EEG-Kohärenz und Sprachverarbeitung. Die funktionelle Verkopplung von Gehirnregionen während der Verarbeitung unterschiedlicher Nomina. In: G. Rickheit (Hrsg.). *Studien zur Klinischen Linguistik: Methoden, Modelle, Intervention*. Opladen: Westdeutscher Verlag, pp. 125-146.
- Weiss, S. & Müller, H.M. (2003). The contribution of EEG coherence to the investigation of language. *Brain and Language*, 85:325-343.
- Weiss, S. & Rappelsberger, P. (1996). EEG coherence within the 13-18 Hz band as a correlate of a distinct lexical organisation of concrete and abstract nouns in humans. *Neuroscience Letters*, 209:17-20.
- Whatmough, C., Chertkow, H., Murtha, S., Templeman, D., Babins, L. & Kelner, N. (2003). The semantic category effect increases with worsening anomia in Alzheimer's type dementia. *Brain and Language*, 84:134-147.
- Whiteley, A.M. & Warrington, E.K. (1978). Selective impairment of topographical memory: a single case study. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 41:575-578.

- Wilson, B.A. (1997). Semantic memory impairments following non-progressive brain injury: a study of four cases. *Brain Injury*, 11:259-269.
- Wilson, B.A., Baddeley, A.D. & Kapur, N. (1995). Dense amnesia in a professional musician following herpes simplex virus encephalitis. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 17:668-681.
- Young, A.W., Newcombe, F., Hallowell, D. & Haan, E. (1989). Implicit access to semantic information. *Brain and Cognition*, 11:186-209.
- Zschocke, S. (1995). *Klinische Elektroenzephalographie*. Springer.
- Zwitserslood, P., Bolwiender, A. & Drews, E. (2005). Priming morphologically complex verbs by sentence contexts: effects of semantic transparency and ambiguity. *Language and Cognitive Processes*, 20:395-415.

Anhang 1: Händigkeitsfragebogen

VpNr:

FRAGEBOGEN ZUR SEITENBEVORZUGUNG

NAME:

Bezeichnen Sie bitte durch ein Kreuz (+) in der entsprechenden Spalte, welche Hand/Fuß Sie für die angegebenen Tätigkeiten bevorzugen.

Wenn die Bevorzugung einer Hand (Fuß) so stark ist, dass Sie die andere Hand nur verwenden, wenn sie absolut dazu gezwungen sind, machen Sie zwei Kreuze (++).

Wenn Sie beide Hände gleichermaßen verwenden, machen Sie je ein Kreuz in beiden Spalten.

Manche der angegebenen Tätigkeiten werden beidhändig ausgeführt. In diesem Fall ist in Klammern angegeben, für welchen Teil der Tätigkeit, bzw. für welchen Gegenstand Sie die bevorzugte Hand angeben sollen.

Bemühen Sie sich bitte , alle Zeilen auszufüllen und lassen Sie nur dann eine Zeile frei, wenn Sie absolut keine Erfahrung mit der angegebenen Tätigkeit haben.

Links Rechts

	Links	Rechts
1) Werfen (z.B. einen Ball)		
2) Zeichnen		
3) Schreiben		
4) Dose öffnen (Deckel drehen)		
5) Zündholz anzünden (Hand, die das Zündholz hält)		
6) Faden einfädeln (Faden oder Nadel, je nachdem, was Sie bewegen)		
7) Schere		
8)Kamm		
9) Zahnbürste		
10)Messer (ohne Gabel)		
11) Löffel		
12) Hammer		
13) Schraubenzieher		
14)Treppe steigen (welcher Fuß zuerst?)		
15) Eine zu Boden gefallene Münze stoppen? (welcher Fuß?)		

- 1) Hatten Sie jemals eine Tendenz zur Linkshändigkeit (Kindheit)?
- 2) Gibt es einen Linkshänder in Ihrer näheren Verwandtschaft?

Anhang 2: Protokollbogen Versuchsperson

Datum:

Vp-Nr.:

Name			
Adresse			
Telephon			
Geburtsdatum, Alter			
Geschlecht			
Studienfach			
Semester			
Muttersprache	Deutsch	Bi- oder multilingual	
Händigkeit	Links	Rechts	Ambidexter
Gehör			
Medikation			
Neurologische Auffälligkeiten			

nach jedem Block:

Hast du die Fragestellung erkannt?

Worum geht es deines Erachtens in dem Experiment?

Hast du dir eine Strategie ausgedacht?

NA: Geschichten oder Bilder dazu gedacht, assoziiert, Wörter verbunden?

NV: Geschichten dazu gedacht, assoziiert, Wörter dazu gedacht?

HA: Bilder oder Geschichten dazu gedacht, assoziiert?

Unfälle in der Kindheit

Vorherige EEGs

Kaffee oder Tee getrunken

Feier am Vorabend/Schlaf

Anhang 3: Sprachkenntnisfragebogen

VpNr:

Datum:

Bitte sorgfältig ausfüllen!

Name:

Alter:

Geschlecht:

Beruf:

Muttersprache:

Beschäftigung mit anderen Sprachen: Kurze Beschreibung der Dauer, Intensität und des Ortes (Schule, Ausland)

Englisch:

Französisch:

Italienisch:

Spanisch:

Sonstige: