

Hirnelektrische Korrelate der Verarbeitung anaphorischer Verweise

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat)

dem
Fachbereich Psychologie
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt

von
Judith Streb
aus Hanau

Marburg/Lahn 2000

Vom Fachbereich Psychologie der [Philipps-Universität Marburg](#) als Dissertation am
9. März 2000 angenommen.

Erstgutachter Prof. Dr. Frank Rösler

Zweitgutachter Prof. Dr. Harald Lachnit

Tag der mündlichen Prüfung am 9. März 2000

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | Zusammenfassung | 1 |
| 2 | Einleitung | 2 |
| 2.1 | <i>Die Konstruktion einer sprachlichen Repräsentation</i> | 2 |
| 2.1.1 | Ebenen der Diskursrepräsentation | 3 |
| 2.1.2 | Prozeßmodelle des Diskursverstehens | 5 |
| 2.2 | <i>Das Verstehen referentieller Verweise</i> | 9 |
| 2.2.1 | Der zeitliche Verlauf der anaphorischen Auflösung | 10 |
| 2.2.2 | Strategien für die Suche nach einem passenden Antezedenten | 15 |
| 3 | EKP-Effekte des Sprachverstehens | 18 |
| 3.1 | <i>Methode</i> | 18 |
| 3.2 | <i>EKP-Effekte während der Sprachverarbeitung</i> | 21 |
| 3.2.1 | Semantik (N400) | 21 |
| 3.2.1.1 | <i>Faktoren, die die Amplitude der N400 beeinflussen</i> | 22 |
| 3.2.1.2 | <i>Erklärungsmodelle des N400-Effektes</i> | 24 |
| 3.2.2 | Syntax | 27 |
| 3.2.2.1 | <i>LAN</i> | 27 |
| 3.2.2.2 | <i>P600</i> | 30 |
| 4 | Ableitung der Fragestellung | 33 |
| 5 | <u>Experiment 1: EKP-Effekte indizieren die Nähe von Anapher und Antezedent</u> | 41 |
| 5.1 | <i>Methode</i> | 44 |
| 5.1.1 | Versuchspersonen | 44 |
| 5.1.2 | Material | 44 |
| 5.1.3 | Versuchsablauf | 46 |
| 5.1.4 | EEG-Aufzeichnung | 47 |
| 5.1.5 | Auswertung | 49 |
| 5.2 | <i>Ergebnisse</i> | 50 |
| 5.2.1 | Verhaltensdaten | 50 |
| 5.2.2 | EKP-Studie | 51 |
| 5.2.2.1 | <i>Langsame Potentiale</i> | 51 |
| 5.2.2.2 | <i>Phasische Potentiale</i> | 52 |
| 5.3 | <i>Diskussion</i> | 60 |
| 5.3.1 | Verhaltensdaten | 60 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 5.3.2 | EKP-Studie | 60 |
| 5.3.2.1 | <i>Langsame Potentiale</i> | 60 |
| 5.3.2.2 | <i>Phasische Potentiale</i> | 62 |
| 6 | <u>Experiment 2: EKP-Effekte in parallelen und nicht parallelen</u> | |
| | <u>Diskursstrukturen</u> | 66 |
| 6.1 | <i>Methoden</i> | 68 |
| 6.1.1 | Versuchspersonen | 68 |
| 6.1.2 | Material | 68 |
| 6.1.3 | Versuchsablauf | 70 |
| 6.1.4 | EEG-Aufzeichnung | 70 |
| 6.1.5 | Auswertung | 70 |
| 6.2 | <i>Ergebnisse</i> | 71 |
| 6.2.1 | Verhaltensdaten | 71 |
| 6.2.2 | EKP-Studie | 72 |
| 6.2.2.1 | <i>Langsame Potentiale</i> | 72 |
| 6.2.2.2 | <i>Phasische Potentiale</i> | 74 |
| 6.3 | <i>Diskussion</i> | 80 |
| 6.3.1 | Verhaltensdaten | 80 |
| 6.3.2 | EKP-Studie | 81 |
| 6.3.2.1 | <i>Langsame Potentiale</i> | 81 |
| 6.3.2.2 | <i>Phasische Potentiale</i> | 82 |
| 7 | <u>Experiment 3: EKP-Effekte nach MI-Anaphern und Ellipsen</u> | 84 |
| 7.1 | <i>Methoden</i> | 90 |
| 7.1.1 | Versuchspersonen | 90 |
| 7.1.2 | Material | 90 |
| 7.1.3 | Versuchsablauf | 92 |
| 7.1.4 | EEG-Aufzeichnung | 93 |
| 7.1.5 | Auswertung | 93 |
| 7.2 | <i>Ergebnisse</i> | 94 |
| 7.2.1 | Verhaltensdaten | 94 |
| 7.2.2 | EKP-Studie | 95 |
| 7.2.2.1 | <i>Langsame Potentiale</i> | 95 |
| 7.2.2.2 | <i>Phasische Potentiale</i> | 97 |
| 7.3 | <i>Diskussion</i> | 103 |
| 7.3.1 | Verhaltensdaten | 103 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 7.3.2 | EKP-Studie | 103 |
| 7.3.2.1 | <i>Langsame Potentiale</i> | 103 |
| 7.3.2.2 | <i>Phasische Potentiale</i> | 104 |
| 8 | Allgemeine Diskussion | 109 |
| 8.1 | <i>Zusammenfassung der Ergebnisse</i> | 109 |
| 8.2 | <i>Diskussion</i> | 109 |
| 8.3 | <i>Ausblick</i> | 115 |
| 9 | Literaturverzeichnis | 117 |
| | Anhang | 135 |
| | Danksagung | |
| | Eidesstattliche Erklärung | |

1 Zusammenfassung

Ein wesentlicher Bestandteil der Verarbeitung eines geschriebenen oder gesprochenen Diskurses ist die Identifikation verknüpfender Elemente. Dabei können zum einen verschiedene Ereignisse, Fakten und Ideen des Diskurses untereinander, aber auch Elemente des Diskurses mit dem Weltwissen des Lesers bzw. Zuhörers verbunden werden. Das Ergebnis dieses Prozesses ist eine kohärente Gedächtnisrepräsentation, auf deren Grundlage ein zukünftiger Zugriff auf die Diskursinformation geschieht.

In der vorliegenden Arbeit wird am Beispiel des anaphorischen Verweises der Verknüpfungsprozeß mit der Methode der ereigniskorrelierten Potentialmessung untersucht. Dabei wird einerseits die Form der Anapher und andererseits die Verfügbarkeit des jeweiligen Antezedenten manipuliert. Die untersuchten Anaphertypen - Eigennamen, Pronomen oder elliptische Konstruktionen - unterscheiden sich bezüglich ihrer referentiellen Funktion und Kontextabhängigkeit. Für die Suche des jeweiligen Referenten können thematische (Experiment 1) oder syntaktische (Experiment 2) Hinweisreize genutzt werden. Unabhängig von der gewählten Strategie zeigt sich der anaphorische Auflösungsprozeß von Eigennamen und Pronomen in einer Modulation der N400-Amplitude, wobei die erschwerte Detektion des Antezedenten mit einer relativ stärkeren Negativierung einhergeht. Die topographische Verteilung des Effektes ist nach Pronomen im Vergleich zu Eigennamen stärker rechtslateralisiert. Ein anderes Bild ergibt sich für die Auflösung elliptischer Konstruktionen (Experiment 3), dort manifestiert sich die Suche nach dem passenden Antezedenten in einer frühen linksanterioren Negativierung (LAN).

Die Ergebnisse werden dahingehend interpretiert, daß die Zuweisung von Pronomen und Eigennamen im semantischen Netzwerk erfolgt, wobei die für Pronomen stärkere Lateralisierung zur rechten Seite - als Folge ihrer lexikalischen Transparenz - die Einbindung des Diskurses reflektiert. Eine elliptische Anapher wird nicht innerhalb des semantischen Netzwerkes elaboriert, sondern stellt eine syntaktische „Herausforderung“ dar. Die ereigniskorrelierten Antwortmuster bestätigen linguistische Theorien, die postulieren, daß die Interpretation elliptischer Elemente mit Verweis auf das Oberflächenmodell, die Interpretation von Pronomen (und wiederholten Eigennamen) mit Verweis auf das Situationsmodell erfolgt.

2 Einleitung

„Discourse is what makes us human, what allows us to communicate ideas, facts, and feelings across time and space.“

(Graesser, Millis & Zwaan, 1997, S. 164)

Der Forschungsbereich Textverstehen (engl. *discourse comprehension*) bezieht sich auf alle sprachlichen Aktivitäten, die über die Verarbeitung von Buchstaben, Morphemen, Wörtern und einzelner Sätze hinausgehen. Ziel beim Verstehen eines Textes ist es, eine kohärente Repräsentation einer abgegrenzten sprachlichen Einheit (z.B. einer Geschichte, eines Vortrages oder eines Zeitungsartikels) zu entwickeln. Um einen geschriebenen oder gesprochenen Diskurs als kohärente Struktur und nicht als Ansammlung isolierter Informationsbruchstücke wahrzunehmen, muß der Leser/Zuhörer einerseits Verknüpfungen zwischen den einzelnen Teilen des Diskurses und andererseits Verknüpfungen zwischen dem Diskurs und seinem Weltwissen herstellen.

Unter Punkt 2.1 wird eine Übersicht darüber gegeben, welche Prozeßebenen und Mechanismen an der Konstruktion einer sprachlichen Repräsentation beteiligt sind, wann und wie bestimmte Schlußfolgerungen gezogen werden. Die Darstellung bezieht sich im Wesentlichen auf Untersuchungen des geschriebenen Diskurses. Drei besonders einflußreiche Modelle des Textverstehens werden kurz erörtert: das Konstruktions-Integrations-Modell von Kintsch und van Dijk (1978), das Aufmerksamkeitsmodell von Sanford und Garrod (1981) und das Strukturbildungsmodell (engl. *structure building framework*) von Gernsbacher (1990).

Da in der vorliegenden Arbeit nur ein Teilbereich der Prozesse, die mit der sprachlichen Analyse eines Diskurses verbunden sind, experimentell untersucht wird - die anaphorische Kontinuität -, wird unter Punkt 2.2 diese Thematik ausführlicher und unter Einbezug experimenteller Befunde erläutert.

2.1 Die Konstruktion einer sprachlichen Repräsentation

Die Untersuchung sprachlicher Repräsentationen beschreibt ein Arbeitsfeld, das aus ganz unterschiedlichen Blickwinkeln heraus angegangen wurde. So untersuchten vornehmlich Linguisten das Produkt und Psychologen den Prozeß der sprachlichen Analyse. Die aus

diesen unterschiedlichen Herangehensweisen resultierenden Ideen in bezug auf das Verstehen von Texten werden in den folgenden Kapiteln 2.1.1 (Ebenen der Diskursrepräsentation) und 2.1.2 (Prozeßmodelle des Diskursverstehens) dargestellt.

2.1.1 Ebenen der Diskursrepräsentation

Die interne Repräsentation der beim Lesen eines Textes oder beim Hören eines Diskurses wahrgenommenen Inhalte verändert sich über die Zeit. So verblaßt z. B. die Gedächtnisspur des genauen Wortlautes eines Satzes recht schnell, wohingegen die wesentliche Aussage eines umfangreichen Textes auch noch nach Jahren erinnert werden kann.

Eine recht genaue Beschreibung unterschiedlicher Repräsentationsebenen liefern van Dijk und Kintsch (1983). Sie postulieren, daß während der sprachlichen Analyse eines Diskurses drei distinkte Gedächtnisspuren angelegt werden, eine beinhaltet die Oberflächenform des Satzes (engl. *surface form*), die nächste die propositionale Zerlegung des Textes (engl. *propositional text base*) und schließlich ein Gedächtniseintrag des Situationsmodells (engl. *situation model*).

Die Repräsentation der Oberflächenform ist die kurzlebigste Gedächtnisspur, in ihr ist eine syntaktisch und semantisch interpretierte Sequenz von Wörtern abgelegt. Jarvella (1971) konnte zeigen, daß Probanden die Erinnerung an syntaktische Details eines Satzes verlieren, sobald die Satzgrenze überschritten ist. Dieser und ähnliche Befunde (Sachs, 1967; Bransford & Franks, 1971) werden als Beleg dafür angesehen, daß die Oberflächenform eines Satzes nur so lange im Kurzzeitgedächtnis behalten wird, bis die Bedeutung extrahiert ist. Ist dies geschehen, wird der Speicherplatz für den nächsten Satz geräumt.

Die propositionale Repräsentationsebene enthält die Bedeutung des Diskurses in abstrakter, d. h. von einer bestimmten Wortwahl und Satzkonstruktion losgelösten Form. Eine Proposition ist definiert als kleinste bedeutungstragende Einheit, der ein Wahrheitswert zugewiesen werden kann (Anderson & Bower, 1973; Kintsch, 1974). Jede Proposition beinhaltet ein Prädikat oder einen relationalen Term, sowie ein oder mehrere Argumente. In der Oberflächenstruktur eines Satzes werden erstere meist als Verben, Adjektive, Adverbien oder Präpositionen realisiert. Jedes Prädikat, jeder relationale Term hat eine oder mehrere Leerstellen, die durch Argumente gefüllt werden müssen, bevor der

Proposition ein Wahrheitswert zugeordnet werden kann. Die Leerstellen können von Konzepten (z.B. Nomen) oder anderen Propositionen besetzt werden. Die Konstruktion erfolgt auf der Basis lexikalischer Informationen des Langzeitgedächtnisses (z.B. Verbvalenzen). So wird der Satz „Der Polizist verfolgt den Dieb, aber der Dieb entkommt ihm“ in folgende Propositionen zerlegt:

P1: verfolgen [*Agent*: der Polizist, *Objekt*: der Dieb]

P2: entkommen [*Agent*: der Dieb, *Objekt*: der Polizist]

P3: aber [verfolgen [*Agent*: der Polizist, *Objekt*: der Dieb], entkommen [*Agent*: der Dieb, *Objekt*: der Polizist]]

bzw.

P3: aber [P1, P2]

Eine experimentelle Überprüfung einer auf diese Weise strukturierten propositionalen Repräsentationsebene wurde von Ratcliff und McKoon (1978) vorgenommen. Sie konnten zeigen, daß Wörter, die zu einer Proposition gehören, einander schneller gegenseitig aktivieren als Wörter aus zwei verschiedenen Propositionen. Dies galt auch dann, wenn die beiden Wörter, die zu einer Proposition gehören, auf der Oberflächenstrukturebene weiter voneinander entfernt sind als die beiden Wörter, die zwei unterschiedlichen Propositionen zugeordnet sind. Einige Autoren, so z. B. van Dijk (1980), vermuten, daß die propositionale Ebene eine hierarchische Makrostruktur besitzt. Diese wird durch die rekursive Anwendung sogenannter Makroregeln, wie der Inferenzbildung, dem Löschen oder dem Zusammenfassen einzelner Propositionen konstruiert. Auf diese Weise werden stets kleinere, zusammenfassende Propositionen produziert.

Die dauerhafteste Repräsentationsebene ist das Situationsmodell. Ein Situationsmodell ähnelt der Repräsentation, die aus der direkten Erfahrung mit der im Diskurs beschriebenen Situation resultieren würde. Die Gedächtniseinträge des Situationsmodells müssen nicht propositional sein, sie können auch prozedural, abstrakt oder als mentales Bild vorliegen. Morrow, Bower und Greenspan (1989) konnten z. B. zeigen, daß Probanden beim Lesen eines Textes ein mentales Modell konstruieren, in dem die teilnehmenden Akteure in ihrer räumlichen Relation zueinander repräsentiert sind.

Inwieweit diese drei Ebenen tatsächlich existieren und ob sie distinkt voneinander sind, darüber besteht kein Konsens. So vermuten einzelne Autoren, daß von der

syntaktischen Struktur eines Satzes und dessen lexikalischen Items ausgehend ein Situationsmodell direkt konstruiert wird und daß eine propositionale Ebene nicht existiert (Gernsbacher, 1990; Givon, 1992; Perfetti & Britt, 1995). Andere Autoren führen Belege gegen den automatischen Aufbau eines Situationsmodells an. So vermuten McKoon und Ratcliff (1992), daß während der Verarbeitung eines Textes nur die Information genutzt wird, die schnell verfügbar ist. Entsprechend dem von den beiden Autoren postulierten Minimalismus-Ansatz findet keine automatisch ablaufende elaboriertere Analyse des Inhaltes (z. B. das Ziehen einer Schlußfolgerung) statt.

2.1.2 Prozeßmodelle des Diskursverstehens

Die kognitive Psychologie rückte den Prozeßcharakter des Diskursverstehens in den Vordergrund. Die folgende Erläuterung der unterschiedlichen Prozeßmodelle beginnt mit dem Konstruktions-Integrations-Modell von Kintsch und van Dijk (1978; van Dijk & Kintsch, 1983; Kintsch, 1988; Kintsch, 1998), da dieses das differenzierteste Textverstehensmodell ist. Die Darstellung zweier weiterer Modelle (Sanford & Garrod, 1981; Gernsbacher, 1990) beschränkt sich auf die für die vorliegende Arbeit wesentlichen Punkte.

Das Konstruktions-Integrations-Modell von Kintsch und van Dijk postuliert zwei Teilprozesse des Textverstehens, einen Konstruktionsprozeß, in dem auf der Basis des linguistischen Inputs und des Weltwissens eine sogenannte Textbasis konstruiert wird, und einen Integrationsprozeß, in dem die Informationen der Textbasis in eine kohärente Struktur integriert werden. Der erste Schritt des Konstruktionsprozesses besteht darin, den Text in Propositionen zu zerlegen. Die Propositionen sind hierarchisch geordnet: Eine topikalische Position (z. B. die Überschrift oder ein Schema) nimmt die Spitze ein und alle folgenden Propositionen werden dieser dann untergeordnet. Die Verknüpfungen zwischen Propositionen unterschiedlicher Ebenen erfolgen größtenteils über gemeinsame Argumente, können aber auch pragmatischer oder semantischer Natur sein.

- (1) Peter klingelt. Julia öffnet ihm die Tür.
- (2) Es regnet. Die Straßen sind naß.

Im Textbeispiel (1) wird eine Bedeutungsüberlappung durch das Pronomen „ihm“ hergestellt. Dadurch, daß „ihm“ auf das Subjekt „Peter“ im ersten Satz referiert, kann eine Verknüpfung der beiden Sätze vorgenommen werden. Textbeispiel (2) beinhaltet keine gemeinsamen Propositionen. Hier ist eine semantische Analyse nämlich das Ziehen einer Schlußfolgerung notwendig, um die beiden Sätze miteinander verknüpfen zu können. Verknüpfungen finden hauptsächlich zwischen den Propositionen statt, die sich im Arbeitsgedächtnis befinden. Die Inhalte des Arbeitsgedächtnisses wiederum aktivieren mit diesen eng assoziierte Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, welches Kintsch in Anlehnung an Theorien der Gedächtnisforschung als ein assoziatives Netzwerk konzeptualisiert (Raaijmakers & Shiffrin, 1981). Auf diese Weise sind Elemente des Langzeitgedächtnisses direkt verfügbar. Auch die Konstruktion von Makropropositionen und die Inferenzbildung (engl. *bridging inferences*; Haviland & Clark, 1974) finden auf dieser Stufe der Textverarbeitung statt und werden assoziativ elaboriert. Das Ergebnis des Konstruktionsprozesses ist ein Netzwerk der aktivierten Elemente. Dieser Prozeß ist allerdings noch nicht eindeutig, z. B. werden unabhängig vom Kontext beide Bedeutungen eines homonymen Wortes aktiviert.

Erst in einem zweiten Schritt, dem Integrationsprozeß, werden widersprüchliche und irrelevante Elemente wieder ausgegliedert. Dieser Prozeß ist als eine Aktivierungsausbreitung im Netzwerk zu verstehen, wobei die Aktivierung stark verknüpfter Elemente solange verstärkt und die isolierter Elemente solange reduziert wird, bis sich das System stabilisiert hat.

Beim Verstehen eines Textes wird der aus einem Konstruktions- und einem Integrationsschritt bestehende Prozeß zyklisch wiederholt. Ein Zyklus bezieht sich jeweils auf einen kurzen Satz oder eine Phrase. In jedem Zyklus wird ein Netz konstruiert und in einem Integrationsprozeß stabilisiert. Die hochaktivierten Elemente des vorangegangenen Zyklus konstituieren dabei die Anknüpfungspunkte des nächsten Zyklus. Ziel der einzelnen Prozeßschritte ist die sukzessive Konstruktion einer kohärenten mentalen Repräsentation der Bedeutung eines Textes.

In der Theorie von Sanford und Garrod (1981) wird bevorzugt die Steuerung der Aufmerksamkeit beim Textverstehen behandelt. Die Autoren postulieren ein Modell, das den Informationsspeicher bezüglich des Aufmerksamkeitsstatus entlang zweier Dimensionen in vier Partitionen aufteilt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Gedächtnispartitionen nach Sanford und Garrod (1981)

| | aktiv | inaktiv |
|--------------------|------------------|-------------------------|
| aktueller Text | expliziter Fokus | episodisches Gedächtnis |
| vorhandenes Wissen | impliziter Fokus | Weltwissen |

Die erste Dimension unterscheidet zwischen Informationen, die sich gerade im Fokus der Aufmerksamkeit befinden und Informationen, die nicht aktiviert sind. Diese Unterscheidung ähnelt der von anderen vorgeschlagenen Trennung von Arbeits- und Langzeitgedächtnis (siehe Atkinson & Shiffrin, 1968; Baddeley & Hitch, 1974). Die zweite Dimension separiert die Quellen, aus der die im Gedächtnis repräsentierten Informationen stammen, nämlich aus dem gerade gelesenen Text oder aus dem bereits vorhandenen Wissen. Der Teil des gerade gelesenen Textes, der sich im Arbeitsgedächtnis befindet, wird expliziter Fokus genannt. In ihm ist nur eine begrenzte Anzahl der zuvor eingeführten Diskursentitäten enthalten. Im fokussierten Teil des nicht kapazitätsbegrenzten Gedächtnisses, dem impliziten Fokus, befinden sich alle mit der Textsituation verbundenen Informationen, die auf der Basis von Schema- oder Skriptwissen voraktiviert wurden. Der Enkodierungsprozeß einer sukzessiven Textanalyse erfolgt im Arbeitsgedächtnis. Dort wird nach jedem Satz die Gedächtnisrepräsentation erweitert und verändert. Um Bezüge zwischen den Sätzen eines Textes herzustellen, werden zunächst im expliziten und impliziten Fokus geeignete Diskursentitäten gesucht. Nur wenn diese Suche erfolglos bleibt, wird die Suche im Langzeitgedächtnis (=inaktive Partition) fortgesetzt.

Gernsbacher (1990; siehe auch Kintsch, 1998) vermutet, daß das Verstehen und die Produktion von Sprache keine spezifische, von anderen kognitiven Prozessen unabhängige Fähigkeit ist, sondern, daß die gleichen kognitiven Prozesse und Mechanismen genutzt werden, die auch in nicht-sprachlichen Aufgaben bedeutsam sind. In dem von Gernsbacher entwickelten Strukturbildungsmodell (engl. *structure building framework*) zum Sprachverstehen werden einige dieser kognitiven Prozesse und Mechanismen beschrieben. Demnach umfaßt der Textverstehensprozeß mehrere Komponenten: Auf der Basis des jeweils ersten Satzes wird eine Art Fundament für die mentale Struktur gelegt. Diese entwickelt sich nun weiter durch die Hinzunahme neuer kohärenter Informationen. Nur dann, wenn die neue Information wenig kohärent ist, wird eine zusätzliche Substruktur angelegt. In der Regel umfassen die meisten Repräsentationen mehrere sich verzweigende Substrukturen. Die konstituierenden Elemente dieser mentalen Strukturen sind

Gedächtnisknoten, die durch die eingehenden Reize aktiviert werden. Da bei der Integration kohärenter Informationen ähnliche Knoten aktiviert werden, können die neuen Elemente mit dem Fundament verknüpft werden, wohingegen bei der Verarbeitung wenig kohärenter Informationen eine andere Gruppe von Gedächtnisknoten aktiviert wird, die dann wiederum das Fundament der neuen Substruktur formen. Sind die Gedächtnisknoten aktiviert, so dienen sie der Signalverarbeitung, indem sie die Aktivierung anderer Knoten kontrollieren. Dabei bedienen sie sich zweier Mechanismen, der Verstärkung (engl. *enhancement*) und der Unterdrückung (engl. *suppression*). Gedächtnisknoten werden verstärkt, wenn die Information, die sie repräsentieren, für die weitere Strukturbildung wichtig ist und sie werden aktiv gehemmt, wenn die Information, die sie repräsentieren, nicht länger notwendig ist.

Ein Vergleich der dargestellten Prozeßmodelle fällt schwer, da sich die Autoren in bezug auf den Schwerpunkt ihrer Betrachtung, die Komplexität des ausgearbeiteten Modells und hinsichtlich der Analyseebenen unterscheiden. Einige Überschneidungen fallen ins Auge: Sowohl Kintsch als auch Sanford und Garrod verweisen auf den Einfluß unterschiedlicher Gedächtnispartitionen bei der Konstruktion eines mentalen Modells. Allerdings finden sich bei Sanford und Garrod genauere Angaben darüber, zu welchem Zeitpunkt innerhalb welcher Partition nach einem verbindenden Element gesucht wird. Dieser Punkt ist für die vorliegende Arbeit von Bedeutung, da, wie in Teil 2.2 ausgeführt wird, die Annahmen der Autoren auf Experimenten zu anaphorischen Verweisen basieren. Gernsbacher postuliert analog zu Kintsch die wesentlichen Schritte der Textanalyse wie folgt: (1) die zuerst erwähnte Entität bildet die Basis des neu zu konstruierenden Textmodells, (2) zu jedem neuen Item werden assoziierte Elemente mitaktiviert und (3) in einem Integrationsprozeß kristallisieren sich die „wichtigsten“ Entitäten heraus. Auch ihre Arbeiten entstanden infolge einer Reihe von Studien zu anaphorischen Verweisen, wobei Gernsbacher weniger am zeitlichen Verlauf der Auflösung als an den beteiligten Mechanismen der Verstärkung und der Unterdrückung interessiert ist.

Alle diese Modelle haben nur heuristischen Charakter, d. h. sie sind so wenig elaboriert, daß man damit wohl kaum im Sinne einer Maschine den Verstehensprozeß simulieren könnte. Die Modelle akzentuieren bestimmte wichtige Aspekte, die den Prozeß des Textverstehens beeinflussen, z. B. Aufmerksamkeit (Sanford & Garrod), Aktivierungs- und Hemmprozesse (Gernsbacher) und Abstraktion (Kintsch & van Dijk). Das elaborierteste Modell ist sicherlich das von Kintsch (siehe seine Monographie, 1998)

2.2 Das Verstehen referentieller Verweise

Wie unter 2.1. beschrieben tragen Verknüpfungen ganz wesentlich zur Konstruktion eines propositionalen Textmodells bei. Die semantischen und syntaktischen Elemente, die die Teile eines Textes zu einer Einheit integrieren, werden unter dem Begriff Kohäsion zusammengefaßt. Man unterscheidet verschiedene Arten der Kohäsion: konjunktionale Verknüpfungen, (anaphorische und kataphorische) Koreferenz, Substitution, Ellipse, wiederholte Formen und lexikalische Beziehungen. Doch wie das folgende Beispiel 3 zeigt, ist Kohäsion alleine nicht ausreichend.

- (3) Der Kater spielt im Schrank. Schränke aus Massivholz sind extrem teuer. Danach wird das Holz lackiert.

Dieser kurze Text enthält Kohäsionselemente, z. B. Wortwiederholung („Schrank“-„Schrank“) und konjunktionale Verknüpfung („Danach“), dennoch ist er nicht recht verständlich. Es fehlt die sogenannte Kohärenz, d.h. die ausgedrückten Begriffe und Verhältnisse müssen miteinander zu tun haben, so daß sinnvolle Schlüsse über die zugrundeliegende Bedeutung gezogen werden können.

Zentral für die Fragestellung dieser Arbeit ist die anaphorische Koreferenz. Anaphorische Verweise knüpfen Verbindungen zwischen einer Person oder einem Objekt eines Satzes mit einer Person oder einem Objekt eines anderen Satzes. Sie bezeichnen somit Elemente eines Satzes, deren Interpretation von der Interpretation früherer Ausdrücke im Text abhängt.

- (4) Peter fragt Eva nach dem Weg. Er hat sich hoffnungslos verlaufen.

Den anaphorischen Verweis des Beispiels 4 bildet das Pronomen „er“ im zweiten Satz. Es verweist auf den im ersten Satz eingeführten Antezedenten „Peter“ und verknüpft auf diese Weise die beiden Sätze miteinander. Neben den Pronomen besitzt nahezu jede Sprache noch weitere anaphorische Ausdrücke, wie z. B. Demonstrativpronomen, Nominalphrasen oder Eigennamen, die sich im Grade ihrer lexikalischen Spezifität voneinander unterscheiden (Ariel, 1990). Ordnet man, wie von einigen Linguisten vorgeschlagen, die verschiedenen Formen anaphorischer Verweise in einer Hierarchie an, so erscheinen die

lexikalisch transparenteren Pronomen als prototypische Anaphern an der Spitze, darunter die Demonstrativpronomen, die Nominalphrasen und schließlich die Eigennamen an der Basis (Silverstein, 1976; Ariel, 1990). Anhand der hierarchischen Aufteilung können nun Unterschiede in bezug auf die Diskursfunktion der Anaphern vorhergesagt werden. So zeichnen sich Pronomen, wenn man der Beschreibung von Garrod (1994) folgt, durch einen hohen Grad an Kontextabhängigkeit und geringer Präzision bei der Identifizierung des Antezedenten aus, ihr Verwendungszweck dient daher hauptsächlich der Aufrechterhaltung bereits fokussierter Personen und Objekte. Eigennamen hingegen sind weniger stark kontextabhängig und identifizieren den zugehörigen Antezedenten deutlicher als Pronomen. Die referentielle Funktion der Eigennamen besteht folglich nicht nur darin, bereits bekannte Personen und Objekte, die augenblicklich nicht mehr im Fokus der Aufmerksamkeit stehen, zu reaktivieren, sondern auch darin, neue Personen und Objekte in den Diskurs einzuführen.

Diese funktionellen Unterschiede wurden in zahlreichen Experimenten überprüft. Marslen-Wilson, Levy und Tyler (1982) legten ihren Probanden eine Comic-Geschichte vor, die von diesen nacherzählt werden sollte. Jeder von den Probanden gebildete referentielle Verweis wurde entsprechend der oben diskutierten hierarchischen Aufteilung klassifiziert und bezüglich der Oberflächenstruktur der Nacherzählung analysiert. Es zeigte sich, daß eine Referenz auf einen sich im gleichen Satz befindlichen Antezedenten signifikant häufiger durch ein Pronomen hergestellt wird, wohingegen der Verweis auf Antezedenten außerhalb der fokussierten Episode anhand von Eigennamen geschieht.

2.2.1 Der zeitliche Verlauf der anaphorischen Auflösung

Welche Unterschiede ergeben sich nun für den zeitlichen Verlauf des Verstehensprozesses dieser in ihrer Diskursfunktion so verschiedenen anaphorischen Verweise? In Anlehnung an Just und Carpenters (1980) *immediacy hypothesis for reading* unterscheiden Sanford und Garrod (1989) zwei Aspekte der anaphorischen Verarbeitung: die Verknüpfung (engl. *bonding*) und die Resolution. Die Verknüpfung beschreibt einen automatisch ablaufenden Prozeß. Dieser stellt eine Verbindung von Anapher und Antezedent her, im einfachsten Fall durch einen Vergleich von Genus und Numerus, ohne daß dabei eine semantische Interpretation der Anapher erfolgt. Erst zum Zeitpunkt der Resolution wird die Anapher interpretiert und in die semantische Repräsentation des Satzes eingefügt. Diese

Unterscheidung wurde ursprünglich getroffen, um die Schwierigkeiten zu erklären, die bezogen auf Beispiel 5 beim Verstehen von Sätzen wie (a), jedoch nicht beim Verstehen von Sätzen wie (b) und (c) auftreten.

- (5) *Keith drove to London last week.*
a. *It kept breaking down.*
b. *It was a beautiful day.*
c. *It is a beautiful city.*

Die Autoren vermuten, daß das Pronomen „*it*“ in allen drei Sätzen vorerst mit dem Nomen „*London*“ verknüpft wird. Erst bei Vorliegen der vollständigen Satzinformation kann geprüft werden, ob diese Verknüpfung zutrifft (=Resolution).

Im folgenden werden einige Befunde zum zeitlichen Verlauf des Verstehensprozesses unterschiedlicher anaphorischer Verweise dargestellt. Die Vielzahl der Experimente und deren zum Teil einander widersprechenden Ergebnisse müssen im Hinblick auf die verwendete Untersuchungstechnik bewertet werden, denn je nach experimentellem Verfahren stehen einerseits Verknüpfungs- und andererseits Auflösungsprozesse im Fokus der Betrachtung.

Zur Untersuchung des frühen und automatischen Verknüpfungsprozesses eignet sich u. a. die „Probenerkennungsaufgabe“ (engl. *probe recognition task*). Dabei wird dem Probanden während der wortweisen Präsentation eines Textes zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Testreiz zur Entscheidung vorgegeben. In einem Experiment von Dell, McKoon und Ratcliff (1983) lasen Probanden Texte der folgenden Art:

- (6) *A burglar surveyed the garage set back from the street.*
Several milk bottles were piled at the curb. The banker and her husband were on vacation.
The criminal/A cat slipped away from the street lamp.

Unmittelbar nach der Nominalphrasenanapher „*The criminal*“ bzw. nach der Nicht-Anapher „*A cat*“ wurde das Testwort „*burglar*“ dargeboten und die Versuchsperson hatte zu entscheiden, ob das Wort bekannt war oder nicht. Die Ergebnisse zeigen, daß die Beurteilung des Testwortes schneller erfolgt, wenn es durch die Anapher gebahnt wird. Da

das Testwort „*burglar*“ und die Anapher „*The criminal*“ jedoch wesentlich stärker miteinander semantisch assoziiert sind als „*burglar*“ und „*A cat*“, kann die schnellere Beurteilung auch lediglich das Resultat einer Bahnung auf Wortebene sein, ohne daß ein Zusammenhang mit dem Prozeß der referentiellen Verknüpfung vorliegen muß. Aus diesem Grund benutzten die Autoren in einem weiteren Experiment als Testwort nicht den Antezedenten selbst, sondern Wörter aus der Proposition des Antezedenten, wie z. B. „*garage*“. Auf diese wurde in gleicher Weise reagiert wie auf das Testwort „*burglar*“ im ersten Experiment. Demnach kann die Verstärkung (engl. *enhancement*; Gernsbacher, 1989), auch im Falle des ersten Experimentes, zumindest teilweise auf eine referentielle Verknüpfung zurückgeführt werden. Weiterhin konnten die Autoren durch eine systematische Variation des Darbietungszeitpunktes des Testwortes zeigen, daß bereits 250 ms nach Beginn der Anapher alle relevanten Informationen bezüglich des Antezedenten aktiviert sind. Ähnliche Ergebnisse berichtet Gernsbacher (1989) für die Verknüpfung von Eigennamen.

Im Falle der lexikalisch transparenteren Pronomen ist das Bild weniger einheitlich: Zahlreiche Experimente zeigen, daß eine sofortige Verknüpfung mit dem zugehörigen Antezedenten davon abhängt, wie genau das Pronomen den Antezedenten über Genus und Numerus identifiziert und wie stark der Antezedent im Fokus der Aufmerksamkeit steht. Nur ein Pronomen, das ganz eindeutig auf einen fokussierten Antezedenten verweist, wird unmittelbar „verknüpft“ (Ehrlich & Rayner, 1983; Sanford, Garrod, Lucas & Hendersen, 1983; Gernsbacher, 1989; Greene, McKoon & Ratcliff, 1992). In diesem Zusammenhang zeigte Gernsbacher (1989), daß der Verknüpfungsprozeß durch die beiden Mechanismen der Unterdrückung (engl. *suppression*) und der Verstärkung (engl. *enhancement*) beschrieben werden kann. Die Unterdrückung anderer Konzepte und die Aktivierung des Antezedenten wird umso stärker ausgelöst, je expliziter die Anapher: Eigennamen provozieren die beiden Mechanismen am stärksten, wohingegen mehrdeutige, auf nicht-fokussierte Antezedenten verweisende Pronomen sie am schwächsten auslösen.

Die Tatsache, daß während der Verarbeitung einer expliziten Anapher einige Aspekte kontextuell relevanter Informationen aktiviert werden (=Verknüpfung), bedeutet nicht, daß diese Informationen auch unmittelbar für die Interpretation des Satzes genutzt werden (=Resolution). Den Zeitverlauf der Satzresolution untersuchten Garrod, Freudenthal und Boyle (1994) in zwei Experimenten. Im ersten Experiment manipulierten die Autoren die Rolle des der Anapher zugehörigen Antezedenten.

- (7) *Elizabeth* was a very inexperienced swimmer and wouldn't have gone in if *the male lifeguard* hadn't been standing by the pool. But as soon as she was out of her depth she started to panic and waved her hands about in a frenzy.
- a. *Within seconds Elizabeth sank/jumped into the pool.*
 - b. *Within seconds the lifeguard jumped/sank into the pool.*

Wie Beispiel 7 zeigt, wird die Fokussierung des Antezedenten „Elizabeth“ über mehrere Schritte erreicht: durch die Realisierung als Eigenname, die Subjektposition im ersten Kontextsatz und die anaphorischen Verweise im zweiten Kontextsatz. Der nicht-fokussierte Antezedent „the male lifeguard“ hingegen wird lediglich einmal als wenig einprägsame Nominalphrase erwähnt.

Die anaphorischen Verweise der kritischen Sätze nahmen zur einen Hälfte auf den fokussierten (a) und zur anderen Hälfte auf den nicht-fokussierten (b) Antezedenten Bezug. Zur Untersuchung der Integration der anaphorischen Verweise in den Kontext des gesamten Satzes wurde nach Darbietung der Anapher entweder ein mit der Rolle der Anapher konsistentes (*Elizabeth-sank; the lifeguard-jumped*) oder ein mit der Rolle der Anapher inkonsistentes (*Elizabeth-jumped; the lifeguard-sank*) Verb dargeboten. Während die Probanden die wortweise dargebotenen Sätze lasen, wurden ihre Blickbewegungen aufgezeichnet. Lesezeitdifferenzen zwischen den konsistenten und den inkonsistenten Verben sollten nur dann auftreten, wenn die semantische Integration bereits ausgeführt wurde. Betrachtet man die Fixationszeit der Verbregion (*sank/jump*), so zeigen sich keine reliablen Konsistenzeffekte, weder für Eigennamen noch für Nominalphrasen. Erst die Lesezeit der Postverbregion (*into the pool*) liefert für beide Antezedentbedingungen ein signifikantes Ergebnis, d. h. inkonsistente Anapher-Verb-Beziehungen führen jetzt zu längeren Lesezeiten als konsistente.

In einem zweiten vergleichbaren Experiment wurde der anaphorische Verweis über ein Pronomen hergestellt (siehe Beispiel 8).

(8) ***Elizabeth** was a very inexperienced swimmer and wouldn't have gone in if **the male lifeguard** hadn't been standing by the pool. But as soon as she was out of her depth she started to panic and waved her hands about in a frenzy.*

c. *Within seconds she sank/jumped into the pool.*

d. *Within seconds he jumped/sank into the pool.*

(9) ***John** was a very inexperienced swimmer and wouldn't have gone in if **the male lifeguard** hadn't been standing by the pool. But as soon as he was out of his depth he started to panic and waved his hands about in a frenzy.*

e. *Within seconds he sank/jumped into the pool.*

Wiederum variierten die Autoren die Fokusstellung des Antezedenten [(c) versus (d)] und zusätzlich die Ambiguität des Pronomens: Dieses konnte den Antezedenten entweder eindeutig über das Genus identifizieren, wie in den kritischen Sätzen (c) und (d) oder es war durch die Veränderung des Antezedenten „Elizabeth“ (8) zu „John“ (9) nicht eindeutig zuzuordnen (e).

Auf diese Weise ergeben sich drei experimentelle Bedingungen: (c) auf den fokussierten Antezedenten gerichtete und eindeutige Pronomen, (d) auf den nicht-fokussierten Antezedenten gerichtete und eindeutige Pronomen und (e) auf den fokussierten Antezedenten gerichtete und mehrdeutige Pronomen. Wiederum wurden Lesezeitdifferenzen zwischen den konsistenten und den inkonsistenten Verben erfaßt und als Maß für den Fortschritt der semantischen Integration interpretiert. Im Gegensatz zu den Ergebnissen des ersten Experimentes zeigten sich in dieser Studie sehr frühe, hochreliable Konsistenzeffekte: Nach fokusorientierten und eindeutigen Pronomen (c) kommt es bereits in der Verbregion (*sank/jumped*) zu Lesezeitdifferenzen, beim Lesen der Postverbregion (*into the pool*) werden Differenzen zusätzlich auch für die beiden anderen Bedingungen (d) und (e) evident. Offensichtlich wird ein Pronomen im Gegensatz zu den lexikalisch weniger transparenten Eigennamen oder Nominalphrasen unmittelbar interpretiert und in den Satzkontext integriert, wenn es in einer mit der Diskursfunktion konsistenten Weise benutzt wird, d. h., wenn die Genus- und Numerusinformation des Pronomens den fokussierten Antezedenten eindeutig identifiziert. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt,

wird die Interpretation verzögert. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der Verknüpfungs-Experimente überraschen hier besonders die Ergebnisse der expliziten Anaphern (Eigennamen/Nominalphrase). Offensichtlich führt deren sofortige Verknüpfung nicht automatisch zu einer unmittelbaren Resolution. Die Autoren erklären die Ergebnisse dahingehend, daß für eine sofortige semantische Analyse der Pronomen eine Aktivierung des relevanten Kontextes essentiell ist, wohingegen Eigennamen oder Nominalphrasen vielfach auch ohne einen zugehörigen Antezedenten verständlich sind.

2.2.2 Strategien für die Suche nach einem passenden Antezedenten

Wie unter 2.2.1 beschrieben, werden zwischen Anapher und Antezedent auf der Basis von Genus- und Numerusinformationen automatisch Verknüpfungen (engl. *bonding*) erstellt. Daß ein Verknüpfungsmechanismus, der lediglich auf diese beiden Informationsquellen zurückgreift, nicht ausreichend sein kann, zeigt der folgende Beispieltext 10.

- (10) Am Rande der Stadt traf die Wandergruppe auf eine junge Frau. Sie erkundigte sich nach dem Weg.

Neben der „jungen Frau“ kommen hier auch „die Stadt“ und „die Wandergruppe“ als potentielle Antezedenten in Frage. Da die Anzahl möglicher Referenzkonzepte in längeren Texten ein unüberschaubares Ausmaß annehmen kann, besteht die Notwendigkeit, den Referenzbereich weiter einzuschränken bzw. die Suche zu systematisieren. Im folgenden werden verschiedene experimentelle Studien und theoretische Standpunkte darüber, wo, wie und wann die Suche nach einem passenden Antezedenten stattfindet, erläutert:

Auf die Frage nach dem Wo bzw. Wie der Suchoperation findet man in der Literatur zwei Antworten:

1. Zum einen werden Konzepte zur Einschränkung des Referenzbereiches postuliert. Wie unter 2.1.2 beschrieben, stellt die fokussierte Information innerhalb des in seiner Kapazität beschränkten Arbeitsspeichers den primären Referenzbereich dar (Kintsch & van Dijk, 1978; Sanford & Garrod, 1981; van Dijk & Kintsch, 1983; Glanzer, Fischer & Dorfman, 1984). Erst wenn die Suche nach einem Antezedenten dort erfolglos bleibt, werden Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen und Inferenzen auf der Basis des allgemeinen Weltwissens oder des Situationsmodells gezogen.

2. Anderen Autoren erscheint die Einschränkung der Suche auf Elemente des Arbeitsgedächtnisses nicht ausreichend, sie formulieren verschiedene Suchregeln, die das Auffinden des Antezedenten innerhalb des fokussierten Bereichs erleichtern. Corbett und Chang (1983) konnten zeigen, daß die Suche nach einem Antezedenten innerhalb des aktuellen Satzes linear von links nach rechts erfolgt. Der Beginn der Suche mit der ersten Entität am Satzanfang (engl. *first mention*) ist, so Gernsbacher (1990), unabhängig von den semantischen (Agens) oder syntaktischen (Subjekt) Eigenschaften dieser Satzposition. Verweist die Anapher jedoch auf einen Antezedenten außerhalb des aktuellen Satzes, so verläuft die Suche von rechts nach links, d. h. je größer die Distanz zwischen Anapher und Antezedent, desto länger dauert die Suche (Clark & Sengul, 1979). Neben den Suchstrategien entlang der linearen Struktur eines Textes begünstigen auch syntaktische und semantische Aspekte die erfolgreiche Suche: Entsprechend der Strategie paralleler Rollen (engl. *parallel function strategy*; Sheldon, 1974) wird eine Anapher bevorzugt der Entität zugeordnet, die die gleiche syntaktische Rolle einnimmt, sprich ein Pronomen in Subjektposition wird mit dem Antezedenten in Subjektposition verknüpft und ein Pronomen in Objektposition mit dem Antezedenten in Objektposition. Eine weitere Strategie, die Heuristik der Subjektzuordnung (engl. *subject-assignment heuristic*), beschreiben Crawley, Stevenson und Kleinman (1990). Ihr zufolge wird ein Pronomen bevorzugt dem Subjekt des vorangehenden Satzes zugeordnet.

Die kurze Charakterisierung einiger postulierter Heuristiken zum Auffinden des attraktivsten Antezedenten verdeutlicht auch die Widersprüchlichkeit der Befundlage: Wird ein Pronomen in Objektposition nun entsprechend der Strategie paralleler Rollen mit dem Objekt des vorangehenden Satzes verknüpft, oder wird es entsprechend der Heuristik der Subjektzuordnung eher dem Subjekt zugeordnet oder aber unabhängig von semantischen und syntaktischen Restriktionen auf die zuerst erwähnte Entität bezogen (engl. *first mention*)? Hier sind Experimente erforderlich, um die einzelnen Strategien voneinander abzugrenzen und um herauszufinden, ob eine der Regeln im Einzelfall den anderen überlegen ist oder ob sie vielmehr parallel und ergänzend genutzt werden.

Der Beginn - das Wann - der Suche, so wird von den meisten Sprachverarbeitungstheorien angenommen, ist bestimmt durch die Enkodierung einer Anapher (Clark & Sengul, 1979; Garrod & Sanford, 1982; Corbett & Chang, 1983; Sanford, 1985; Matthews & Chodorow, 1988). Damit wird eine rückwärtsgerichtete Vergleichs- bzw. Suchoperation in der bis dahin erstellten Textrepräsentation in Gang

gesetzt. Diese Operation kann anhand der oben beschriebenen syntaktischen, textuellen und kognitiven Restriktionen erfolgen (z. B. Heuristik der Subjektzuordnung, Strategie paralleler Rollen). Im Gegensatz zu diesem weithin angenommenen Ablauf vertreten andere (Müsseler & Terhorst, 1990; Greene, McKoon & Ratcliff, 1992) die These, daß der Vergleichs- bzw. Suchprozeß an der Auflösung anaphorischer Verweise nicht beteiligt sein muß und in der normalen Sprachverarbeitung eher die Ausnahme (z. B. zur Lösung von Referenzambiguitäten) als die Regel darstellt. Die Notwendigkeit einer rückwärtsgerichteten Suche erübrigt sich, so die Autoren, wenn noch während des Rezeptionszyklus, aber vor der Rezeption des Pronomens die Verbindung zwischen Referenzobjekt und Anapher innerhalb der aktuellen Textrepräsentation gebildet wird, die sogenannte pronominale Besetzung. Das Pronomen fungiert dann lediglich als Hinweisreiz auf die markanteste Entität der Diskursrepräsentation. Die pronominale Besetzung würde mit der Einrichtung und Anpassung des Fokus sozusagen nebenbei erledigt. Bei einer stimmigen Besetzung kann die Auflösung ohne Rückgriff und Auswahl vollzogen werden. Eine empirische Überprüfung dieser These steht noch aus.

3 EKP-Effekte des Sprachverstehens

In der vorliegenden Arbeit soll die Methode der ereigniskorrelierten Potentialmessung (EKP) zur Untersuchung der Prozesse des Textverstehens genutzt werden. Bevor in Teil 4 die Fragestellung abgeleitet wird, soll dieses Kapitel einen Überblick über die Methode der EKP-Messung und die auf diese Weise gewonnenen Daten im Bereich der Psycholinguistik vermitteln. Die Sensibilität ereigniskorrelierter Potentiale für sprachpsychologische Ereignisse konnte in zahlreichen Untersuchungen vor allem zum Sprachverstehen beobachtet werden. Zuerst wird die Methode der EKP-Messung (3.1) kurz umrissen und anschließend werden die drei im Bereich der Sprachverarbeitung besonders relevanten Effekte N400, LAN und P600 vorgestellt (3.2).

3.1 Methode

Ereigniskorrelierte Potentiale sind Teil der elektrischen Gehirnaktivität, die von der Kopfoberfläche aufgezeichnet werden kann. Sie reflektieren die Summenaktivität inhibitorischer und exzitatorischer post-synaptischer Potentiale kortikaler und subkortikaler Zellstrukturen, die mit Prozessen der Reizanalyse und Antwortvorbereitung in Zusammenhang gebracht werden (Allison, Wood & McCarthy, 1986, Dale & Sereno, 1993). Mit der Aufzeichnung des EKPs können Informationen über einzelne Verarbeitungsschritte gewonnen werden, etwa über Enkodierung des Reizmusters, Vergleich des Stimulus mit Gedächtniseinträgen, Evaluation der Bedeutung, Antwortauswahl und Reaktionsausführung.

Die Aufzeichnung der Gehirnaktivität birgt im Vergleich zu anderen experimentell genutzten Verfahren, wie zum Beispiel der Reaktionszeitmessung, einige Vorteile für die Beschreibung sprachlicher Prozesse: Dadurch, daß die Potentialmessung unmittelbar während der Wortpräsentation vorgenommen werden kann, hat der Untersucher die Möglichkeit, den Verstehensprozeß in Echtzeit abzubilden, d. h. Sprachverarbeitung und Sprachproduktion können in ihrer zeitlichen Abfolge beschrieben werden. Das Verfahren kann demnach als eine Erweiterung der Reaktionszeitmessung betrachtet werden, welches weitaus mehr als nur den Endstatus einer komplexen kognitiven Aufgabenbewältigung abzubilden vermag.

In den meisten Experimenten zur Psycholinguistik werden den Probanden Zusatzaufgaben gestellt, die eine explizite Reaktion verlangen (Wortkategorisierung, Phonembeachtung, Objektbenennung, Satzwiederholung, etc.). Man erwartet dann, daß experimentell bedingte Unterschiede in den Verhaltensdaten primär von Unterschieden in den Sprachverarbeitungsprozessen abhängen. Doch denkbar ist, daß die mit der natürlichen Sprachperzeption verknüpften Prozesse durch die Zusatzaufgaben verfälscht werden. Ein weiterer Vorteil der elektrophysiologischen Messung besteht darin, daß von den Probanden keine explizite Aufgabenstellung verlangt werden muß. In natürlichen Hör- und Sprechsituationen können die rein kognitiven Prozesse der Sprachperzeption bzw. Sprachproduktion beobachtet werden, soweit sie sich in den EKPs manifestieren.

Im Zusammenhang mit bildgebenden Verfahren und vor dem Hintergrund neuerer Analysemethoden zur Beschreibung der neuronalen Generatoren ereigniskorrelierter Potentiale können schließlich wichtige Beziehungen zwischen Hirnstrukturen und Verhalten aufgezeigt werden.

Allgemein werden zwei verschiedene Typen elektrophysiologischer Signale unterschieden: spontane und ereigniskorrelierte Aktivitätsänderungen. Als spontan bezeichnet man solche Änderungen, die ohne einen erkennbaren Zusammenhang mit äußeren oder inneren Ereignissen fortlaufend auftreten. Zur Beobachtung sprachspezifischer Phänomene werden ereigniskorrelierte Signale herangezogen. Darunter werden alle Aktivitätsänderungen subsumiert, die systematisch einem beobachtbaren Ereignis folgen (einer Reizdarbietung) bzw. einem solchen vorausgehen (einer abgegrenzten Bewegung). Ereigniskorrelierte Potentiale sind in ihrer Amplitude (5-10 mV) viel kleiner als das Spontan-EEG (50-100 mV). Daher sind EKPs in den Rohdaten gewöhnlich nicht sichtbar. Um sie aus dem Hintergrundrauschen zu extrahieren, muß man das Spontan-EEG über mehrere Reizpräsentationen mitteln. Durch die Mittelung werden diejenigen Signale verstärkt, die zeitlich konsistent zum Reiz oder zur Reaktion auftreten. Das gemittelte EKP-Signal besteht aus einer Serie positiver und negativer Amplitudenwerte, die in Abhängigkeit von Reiz und Aufgabe in konsistenter Weise auftreten. Zur Beschreibung markanter „Gipfel“ und „Täler“ des Spannungs-Zeit-Signals orientiert man sich an der Polarität und Latenz der Extremwerte: eine N400, z. B., ist eine relative Negativierung mit einer Maximalamplitude ca. 400 ms nach Reizbeginn. Hier ist anzumerken, daß die Latenz eines EKP-Effektes nicht immer identisch zu dem Zeitverlauf des ihm zugrundeliegenden Prozesses sein muß, unterscheiden sich zwei Prozesse zu

einem bestimmten Zeitpunkt, so kann nicht geschlossen werden, daß die Unterschiede in der Gehirnaktivität nicht auch schon vor diesem Zeitpunkt vorlagen, unter Umständen waren zeitlich frühere Unterschiede möglicherweise nur nicht meßbar (Kutas & Dale, 1997).

Bei der Messung ereigniskorrelierter Potentiale wird die Aktivität von einer großen Zahl von Elektroden registriert, so daß neben Amplitude und Latenz auch die Topographie der Amplitudenvariation über die Zeit bestimmt werden kann. Für die Erstellung topographischer Karten liegen verschiedene Verfahren vor, mit deren Hilfe die Amplitudenwerte an den Orten zwischen den Elektroden per Interpolation geschätzt werden können (siehe z. B. Lehmann, 1987). Zur weiteren Parameterbestimmung wird die topographische Information in Zeitabschnitte mit quasi stationärer Topographie der Amplitudenwerte segmentiert. Pro Segment können dann die Orte des Maximums bzw. Minimums, das Potentialgefälle zwischen den Extremwerten, sowie die Dauer des Segments zur Charakterisierung der Aktivität herangezogen werden (Lehmann & Skrandies, 1984). Der Rückschluß jedoch, daß die an einer bestimmten Elektrode gemessene Aktivität direkt in den unter dieser Elektrode liegenden Gehirnarealen generiert wurde, ist nicht zulässig, denn das System Gehirn - Knochen - Haut hat die Eigenschaften eines Volumenleiters, d. h. die in einem Areal generierte Aktivität kann sich über das ganze System ausbreiten und auch an entfernten Orten gemessen werden.

EKPs können sich also entlang verschiedener Dimensionen ähneln oder unterscheiden. Zur Interpretation der Effekte wird von folgenden Zusammenhängen ausgegangen: Unterschiede in der Wellenform und/oder der topographischen Verteilung zwischen zwei oder mehr experimentellen Bedingungen reflektieren die Aktivität verschiedener neuronaler Populationen und somit die Aktivität qualitativ unterschiedlicher Prozesse. Unterschiede in Amplitude und/oder Latenz hingegen werden als Aktivitätsmodulation der gleichen neuronalen Population angesehen, die zugrundeliegenden Prozesse unterscheiden sich hierbei nur in ihrer quantitativen Ausprägung (Kutas, 1993).

3.2 EKP-Effekte während der Sprachverarbeitung

In diesem Kapitel werden einzelne „sprachspezifische“ ereigniskorrelierte Potentialkomponenten dargestellt: Beginnend mit dem sogenannten N400-Effekt, der mit der bedeutungshaltigen Verarbeitung sprachlicher Reize in Zusammenhang gebracht wird, schließt sich eine Diskussion der Potentiale an, die möglicherweise unterschiedliche syntaktische Verarbeitungsprozesse abbilden (LAN und P600).

3.2.1 Semantik (N400)

Die ereigniskorrelierte Reaktion auf ein Wort, das nicht in einen zuvor aufgebauten Satzkontext paßt, ist eine ausgeprägte Negativierung über dem posterioren Kortex mit einer maximalen Amplitude bei etwa 400 ms, der sogenannte N400-Effekt. Kutas und Hillyard (1980a) waren die ersten, die zeigen konnten, daß ein semantisch inkorrektes Satzende, wie das Wort „*socks*“ im Satz „*He spread the warm bread with **socks***“, eine relativ stärkere negative Auslenkung um 400 ms evoziert als das Wort „*work*“ im semantisch korrekten Satz „*It was his first day at **work***“. Daß dieser Effekt keine allgemeine Erwartungsverletzung abbildet, konnten bereits Kutas und Hillyard zeigen: In der gleichen Studie variierten sie neben der semantischen auch die physikalische Reizeigenschaft (d. i. die Schriftgröße) des letzten Wortes. Das physikalisch abweichende Wort löste eine starke Positivierung um 560 ms aus (P560). In einer Nachfolgestudie überprüften Kutas und Hillyard (1983), ob der N400-Effekt eine spezifische Reaktion auf eine Verletzung der Wortbedeutung darstellt oder auch von einer größeren Klasse unerwarteter Wörter, z. B. von grammatisch inkorrekten Wörtern, ausgelöst werden kann (z. B. „*As a turtle grows its shell **grow** too*“). Die Ergebnisse zeigen, daß Wörter, die eine morphosyntaktische Verletzung verursachen, eine im Vergleich zum semantischen N400-Effekt topographisch unterscheidbare Negativierung mit einer geringeren Amplitude auslösen.

Weitere Untersuchungen bestätigen diese Ergebnisse, weder physikalische (Besson & Macar, 1987) noch syntaktische (Neville, Nicol, Barss, Forster & Garrett, 1991; Rösler, Friederici, Pütz & Hahne, 1993) Abweichungen beeinflussen das Auftreten des N400-Effektes. Weiterhin ist festzustellen, daß die dem N400-Effekt zugrundeliegenden kognitiven Funktionen modalitätsunspezifisch sind. So kann der N400-Effekt sowohl beim Lesen als auch beim Hören (Holcomb & Neville, 1990; Friederici, Pfeifer & Hahne, 1993) beobachtet werden. Kutas und Van Petten (1990) zeigten, daß auch die Darbietung von

inkongruenten Bildern am Ende eines Satzes ausreicht, um den Effekt zu replizieren. Weitere Studien belegen die Allgemeingültigkeit des Phänomens für verschiedene Sprachen, darunter Japanisch (Koyama, Nageishi & Shimokochi, 1990), Holländisch (Gunter, Jackson & Mulder, 1992), Französisch (Besson & Macar, 1987), und Deutsch (Münste, Heinze & Prevedel, 1990) sowie die Gebärdensprache *American Sign Language* (Neville, 1985; Kutas, Neville & Holcomb, 1987).

Wie diese Studien zeigen, sind weder die Reizmodalität noch andere physikalische Randbedingungen für die Auslösung des N400-Effektes entscheidend. Der Effekt wird lediglich durch den Bedeutungsgehalt der Reize provoziert. Die Unabhängigkeit von spezifischen Untersuchungsparadigmen spricht zudem dafür, daß sich in dem Phänomen „höhere“ Verarbeitungsprozesse abbilden.

3.2.1.1 Faktoren, die die Amplitude der N400 beeinflussen

Die bedeutsamsten Modulatoren des N400-Effektes sind die kontextuelle Erwartung (engl. *contextual constraint*) und die assoziative bzw. semantische Bahnung.

Die Auswirkung der kontextuellen Erwartung auf den N400-Effekt wurde in verschiedenen Versuchsanordnungen nachgewiesen. Kutas und Hillyard (1984) variierten die *cloze probability*, d. i. die Häufigkeit mit der von einer Gruppe Befragter ein bestimmtes Wort zur Komplettierung eines vorgegebenen Satzes gewählt wurde. Hier zeigte sich, daß bei Darbietung der für den jeweiligen Satzkontext wenig erwarteten terminalen Wörter im Vergleich zu den hoch erwarteten terminalen Wörtern eine höhere N400-Amplitude evoziert wurde. Dieses Ergebnis ist nicht nur im Hinblick auf die *cloze probability* interessant, sondern es zeigt auch, daß der N400-Effekt kein Index für eine semantische Verletzung an sich darstellt, sondern sensitiv ist für die Bahnung eines Wortes durch den Satzkontext. Van Petten und Kutas (1990) untersuchten den Zusammenhang zwischen Amplitudenhöhe und kontextueller Erwartung aus einer anderen Perspektive. In ihrem Experiment lasen die Probanden mehrere semantisch und syntaktisch korrekte Sätze einer bestimmten Länge. Zur Auswertung wurden die ereigniskorrelierten Potentiale auf die einzelnen Wörter entsprechend ihrer Ordinalposition im Satz, der Wortklasse und -häufigkeit sortiert. Van Petten und Kutas konnten zeigen, daß die ordinale Position eines Inhaltswortes und die Amplitudenhöhe des N400-Effektes korrelieren, Wörter am Anfang eines Satzes evozieren einen größeren N400-Effekt als Wörter am Satzende. Auch die

Worthäufigkeit der Inhaltswörter beeinflusst den N400-Effekt, die Amplitudenhöhe ist am Anfang eines Satzes für relativ seltene Wörter größer als für häufig gebrauchte Wörter (siehe auch Van Petten, 1995). Für spätere Satzpositionen wird der Worthäufigkeitseffekt vom Positionseffekt überlagert, d. h. seltene und häufige Wörter lösen dann den N400-Effekt mit gleicher Amplitude aus.

In einem zweiten Experiment zeigten Van Petten und Kutas (1991), daß die lineare Reduktion der Amplitude des N400-Effektes weder bei Vorgabe zufälliger Wortketten (z. B. „*To prided the bury she room she of peanut the had china*“) noch bei Vorgabe syntaktisch strukturierter aber semantisch inkorrektur Sätze auftritt (z. B. „*He ran the half white car even though he couldn't name the raise*“). Der N400-Effekt, so Van Petten und Kutas, reflektiert die Akkumulation semantischer Erwartungen.

Der zweite Faktor zur Modulation der N400-Amplitude ist die assoziative Bahnung. In kontextuell stark eingrenzenden Sätzen (z. B. „*The pizza was too hot to ...*“) variierten Kutas, Lindamood und Hillyard (1984) die assoziative Verknüpfung zur besten Kompletierung („*eat*“). Sie verglichen nun ein mit der besten Kompletierung stark assoziiertes Wort, z. B. „*drink*“, mit einem unverbundenen Wort, z. B. „*cry*“. Obwohl weder das assoziierte noch das unverbundene Wort zu einer semantisch korrekten Satzkompletierung führen, ist der N400-Effekt für das assoziierte Wort geringer als für das unverbundene. Kutas et al. vermuten eine automatische Aktivierungsausbreitung im semantischen Netzwerk als Ursache dieses Effektes, sie nehmen an, daß einzelne Satzfragmente nicht nur die kontextuell am stärksten erwarteten Wörter, sondern auch deren assoziierte „Nachbarn“ aktivieren.

Zur Bestätigung der These, daß eine Abweichung von semantisch-assoziativen Verknüpfungen an der Auslösung des N400-Effektes beteiligt ist, liegt es nahe, die N400 in einem Bahnungsparadigma zu untersuchen. Gleichzeitig kann geprüft werden, ob der Effekt auch nach isolierten Wörtern in Wortlisten oder -paaren auftritt. Bentin, McCarthy und Wood (1985) berichten ein Experiment, in dem Wörter und sogenannte Pseudowörter, d. h. mögliche, aber tatsächlich nicht existierende orthographisch korrekte und aussprechbare Buchstabenfolgen, jeweils isoliert dargeboten wurden. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, eine lexikalische Entscheidung (Wort versus Pseudowort) zu treffen. Zwei aufeinanderfolgende Wörter der dargebotenen Wortliste konnten nun der gleichen semantischen Kategorie angehören (z. B. „*rain - snow*“) oder semantisch unverbunden sein. Im EKP zeigte sich, daß ungebahnte im Vergleich zu gebahnten

Wörtern einen negativeren Verlauf über dem zentroparietalen Kortex mit einem Amplitudenmaximum bei etwa 400 ms aufweisen. Bentin, McCarthy und Wood werteten zusätzlich die ereigniskorrelierte Antwort auf die (ungebahnten) Pseudowörter aus und konnten zeigen, daß diese den im Vergleich zu allen anderen Bedingungen größten N400-Effekt produzierten. Im Kontrast dazu erfolgt auf sogenannte Nichtwörter, die sich von den Pseudowörtern darin unterscheiden, daß sie orthographisch inkorrekt und nicht aussprechbar sind, keine N400-Aktivität (Holcomb & Neville, 1990; Nobre & McCarthy, 1994; Ziegler, Besson, Jacobs, Nazir & Carr, 1997). Pseudowörter und Nichtwörter markieren offensichtlich die beiden Pole eines Kontinuums der N400-Amplitude in Wortlisten.

3.2.1.2 *Erklärungsmodelle des N400-Effektes*

Wie im vorangehenden Abschnitt gezeigt wurde, wird die Ausprägung des N400-Effektes durch (a) die Manipulation der semantischen/assoziativen Bahnung und (b) die kontextuelle Erwartung beeinflusst.

zu (a): Als Erklärungsmodelle der semantischen/assoziativen Bahnung werden - ausgehend von zahlreichen Verhaltensexperimenten - drei verschiedene Prozesse in Erwägung gezogen: automatische Aktivierungsausbreitung, erwartungsinduzierte Bahnung und *semantic matching* [siehe Neely (1991) für eine vertiefende Darstellung].

Bei einer automatischen Aktivierungsausbreitung werden über strukturelle Verbindungen alle mit einem Wort assoziierten Repräsentationen des Langzeitgedächtnisses aktiviert (Collins & Loftus, 1975). Diese Voraktivierung wiederum führt dazu, daß der Zugriff auf assoziierte Items und deren Verarbeitung schneller abläuft. Das Modell der erwartungsinduzierten Bahnung geht davon aus, daß auf der Basis der Informationen des bahnenden Vorreizes ein Set potentieller Zielreize generiert wird. Ist der Zielreiz ein Item dieser Gruppe, dann wird er schneller erkannt, ist er kein Item der Gruppe, ist der Prozeß der Worterkennung erschwert. Das *semantic matching* spielt in der Diskussion um die N400 eine untergeordnete Rolle, da *semantic matching* den lediglich bei lexikalischen Entscheidungsaufgaben auftretenden Antwortbias zugunsten semantisch verbundener Wörter beschreibt.

In mehreren Studien wurde untersucht, ob der N400-Effekt mit dem Prozeß der automatischen Aktivierungsausbreitung oder dem der erwartungsinduzierten Bahnung

zusammenhängt. Die Befunde sind dazu bislang nicht eindeutig: Einige Daten legen nahe, daß die N400 nur kontrollierte Prozesse reflektiert (Boddy, 1986; Brown & Hagoort, 1993; Bentin, Kutas & Hillyard, 1995; Chwilla, Brown & Hagoort, 1995; Chwilla, Hagoort & Brown, 1998; Okita & Jibu, 1998) andere wiederum beobachten eine N400-Modulation auch nach nicht intentional verarbeiteten Reizen, aber in einer Situation, in der eher automatische Aktivierungsausbreitung bedeutsam ist (Holcomb, 1988; Kutas & Hillyard, 1989; Rolke, Heil, Streb & Hennighausen, eingereicht).

Kiefer und Spitzer (eingereicht) vermuten, daß kontrollierte und automatische semantische Verarbeitungen die gleichen Hirnareale involvieren und daß die einander widersprechenden Ergebnisse auf unterschiedlich lange SOAs (= Stimulus Onset Asynchronität) zurückzuführen sind. Sie konnten zeigen, daß automatische Prozesse nur bis zu SOAs von 200 ms nachweisbar sind, während kontrollierte Verarbeitung auch nach längeren SOAs beobachtbar ist.

zu (b): Außer durch den Grad der semantischen/assoziativen Bahnung wird der N400-Effekt auch von kontextuellen Erwartungseffekten moduliert. Gängige Worterkennungstheorien bieten zur Erklärung zwei Modelle an. Zum einen könnten Kontexteffekte auf eine lexikalische Bahnung durch die einzelnen Wörter des vorausgehenden Satzes zurückgeführt werden. Der Begriff der lexikalischen Bahnung wird hier als automatische Aktivierungsausbreitung innerhalb des mentalen Lexikons gesehen [siehe (a)]. Zum anderen ist es möglich, daß sich Kontexteffekte auf den späteren (post-lexikalischen) Prozeß der semantischen Integration auswirken. Dabei werden die mit dem aktivierten lexikalischen Item assoziierten, syntaktischen und semantischen Informationen mit der im Arbeitsgedächtnis konstruierten Repräsentation des bisherigen Satzkontextes verglichen. Je ähnlicher die lexikalischen den kontextuellen Inhalten sind, umso einfacher gelingt der Integrationsprozeß bzw. umso einfacher ist es, die individuellen Komponenten eines Satzes zu einer konzeptuellen Einheit zu verbinden.

Angenommen diese beiden Auslösebedingungen aktivieren qualitativ verschiedene und zeitlich sequentiell arbeitende Module, dann sollten diese auch unterschiedliche EKP-Antwortmuster provozieren. Zur Prüfung dieser Hypothese wäre es notwendig, sowohl die Kongruenz der Satzstruktur als auch die semantische Assoziiertheit von Wortpaaren innerhalb eines Experimentes zu variieren. Van Petten (1993; siehe auch Kutas, 1993) entwickelte ein Design, das diesen Vergleich erlaubt. Dabei wurden den Probanden folgende Sätze dargeboten:

- (11) kongruent/assoziierte (z. B. „*When the **moon** is full it is hard to see many **stars** or the Milky Way*“),
- (12) kongruent/nicht-assoziierte (z. B. „*When the **insurance** investigators found out that he'd been drinking they **refused** to pay the claim*“),
- (13) inkongruent/assoziierte (z. B. „*When the **moon** is rusted it is available to buy many **stars** or the Santa Ana*“) und
- (14) inkongruent/nicht-assoziierte (z. B. „*When the **insurance** supplies explained that he'd been complaining they **refused** to speak the keys*“).

Jeder Satz beinhaltet ein kritisches Wortpaar (im Beispiel fett). In Beispiel (11) sind die beiden Wörter miteinander assoziiert (z. B. „*moon - stars*“) und in einen sinnvollen Satz eingebettet. Die Worterkennung des zweiten Wortes kann hier sowohl von der lexikalischen Assoziation zum ersten Wort als auch vom Satzkontext profitieren. In Beispiel (13) wird das gleiche assoziierte Wortpaar in einem semantisch unplausiblen Satz dargeboten, auf diese Weise wird der Einfluß der lexikalischen Bahnung isoliert. In Beispiel (12) sind die Wortpaare nicht miteinander assoziiert (z. B. „*insurance - refused*“), d. h. wenn überhaupt, dann werden sie hier allein durch den Satzkontext gebahnt. Beispiel (14) enthält weder eine lexikalische noch eine kontextuelle Bahnung.

Ein Vergleich der Wortpaare zeigte, daß eine Reduktion der N400-Amplitude für das zweite Wort sowohl durch lexikalische als auch durch eine kontextuelle Bahnung herbeigeführt werden konnte. Die Autorin schlußfolgert, daß Kontexteffekte nicht auf „versteckte“ lexikalische Bahnung durch einzelne Wörter des vorausgehenden Satzes zurückgeführt werden können. Zur Frage der seriellen Anordnung der möglicherweise zugrundeliegenden Prozesse wurden die Onset-Latenzen des N400-Effektes beurteilt. Diese waren für die rein lexikalische sowie für die rein kontextuelle Bahnung identisch. Die These seriell arbeitender Module konnte nicht bestätigt werden. Zum gleichen Zeitpunkt der Verarbeitung des zweiten Wortes waren beide Arten von Kontext verfügbar. Neben der Analyse der zeitlichen Abfolge kann auch die räumliche Verteilung zur Bewertung der Distinktheit der Effekte herangezogen werden, funktional verschiedene Verarbeitungsmodule sollten von distinkten Hirnregionen ausgehen. Laut Van Petten können in der kritischen Phase des N400-Effektes (Zeitbereich 300 bis 500 ms) keine topographischen Unterschiede zwischen den Bedingungen festgestellt werden, wobei eingeräumt wird, daß die räumliche Auflösung des Experimentes (12

Elektrodenpositionen) für eine reliable Unterscheidung distinkter neuronaler Generatoren nicht ausreicht. Ein Zwei-Prozeß-Modell, in dem lexikalische Bahnung über den Mechanismus der automatischen Aktivierungsausbreitung verläuft und die Bahnung auf Satzebene einem Integrationsprozeß höherer Ordnung zugeschrieben wird, wird durch diese Daten nicht unterstützt.

3.2.2 Syntax

Da der N400-Effekt einzig sensitiv für semantische Abweichungen zu sein scheint, stellt sich die Frage, ob es einen anderen, ähnlich spezifischen Effekt auch für den Bereich der Syntax gibt. Wie im folgenden gezeigt wird, treten bei syntaktischen Anomalien vor allem zwei Phänomene auf, eine linksanteriore Negativierung (LAN) und eine parietale Positivierung (P600). Beide unterscheiden sich in ihren Charakteristika von der „semantischen“ N400.

3.2.2.1 LAN

Eine linksanteriore Negativierung als Folge einer Phrasenstrukturverletzung beobachten Osterhout und Holcomb (1992). Sie boten ihren Probanden Sätze der folgenden Art dar:

(15) *The broker persuaded to sell the stock **was** sent to jail.*

(16) *The broker hoped to sell the stock **was** sent to jail.*

Das Satzfragment „*was sent to jail*“ ist für Satz (15) eine grammatisch korrekte Weiterführung, da das Verb „*persuaded*“ passivisch gebraucht werden kann und es somit Teil eines verkürzten Relativsatzes ist (*The broker [who was] persuaded to sell the stock was sent to jail*). Für Satz (16) ist eine Weiterführung des Satzes mit „*was*“ nicht möglich. An dieser Stelle wird die Phrasenstruktur des Satzes verletzt und die EKP-Antwort zeigt eine LAN im Zeitfenster 200 bis 500 ms sowie eine sich anschließende langsame Positivierung (siehe Kapitel 3.2.2.2).

Eine LAN nach Subkategorisierungsverletzungen wurde von Rösler, Friederici, Pütz und Hahne (1993) beschrieben. Die Autoren boten ihren Probanden Sätze folgender Struktur dar:

- (17) Der Präsident wurde **begrüßt**./Der Clown hat **gelacht**.
(18) Der Lehrer wurde **gefallen**./Der Dichter hat **gegangen**.

Da die Hilfsverben „hat“ und „wurde“ nur bestimmte Verbergänzungen zulassen, bietet sich die Möglichkeit, korrekte (17) und inkorrekte (18) Sätze zu konstruieren. Die EKP-Antwort infolge einer inkorrekten Verbergänzung im Vergleich zu einer korrekten äußert sich als eine linksantere Negativierung im Zeitbereich 400 bis 700 ms.

Eine vergleichbare linksantere Negativierung kann aber auch von grammatisch korrekten linguistischen Konstruktionen ausgelöst werden. Diese Gruppe an Experimenten kennzeichnet eine kurzzeitige Beanspruchung des verbalen Arbeitsgedächtnisses. Kutas und Kluender (1994) beschäftigten sich mit den strukturellen Eigenschaften sogenannter *filler-gap*-Abhängigkeiten in Sätzen. Durch Manipulation der den Nebensatz einleitenden Items variierten sie die Anzahl der *filler-gap*-Abhängigkeiten in einem Fragesatz:

- (19) *Can't you remember that he advised them against it on previous occasions?*
(20) *Can't you remember if he advised them against it on previous occasions?*
(21) *Can't you remember **who** he advised ___ against it on previous occasions?*
(22) ***What** did you remember that he advised them against ___ on previous occasions?*
(23) ***What** can't you remember if he advised them against ___ on previous occasions?*
(24) ***What** did you remember **who** he advised ___ against ___ on previous occasions?*

Die Beispielsätze (19) und (20) beinhalten keine, (21), (22) und (23) eine und (24) zwei *filler-gap*-Abhängigkeiten (*filler* sind fett und *gaps* durch eine Unterstreichung gekennzeichnet). Die Autoren vergleichen nun das EKP auf das Subjekt „he“ in den Bedingungen (19), (20) und (21) und beobachten, daß die LAN (Zeitfenster 300-500 ms) für (21) relativ negativer war als für (19) und (20). Ebenso verglichen sie (22), (23) und (24) und stellten auch hier fest, daß die LAN für (24) relativ negativer war. Sie interpretierten dieses Ergebnis als Hinweis darauf, daß die LAN die Enkodierung des *fillers* in das Arbeitsgedächtnis widerspiegelt und dabei die für (21) und (24) relativ stärkere Kapazitätsauslastung markiert. Kluender und Kutas beobachteten jedoch nicht nur bei der Enkodierung des *fillers* eine LAN, sondern auch an der Stelle, an der der gespeicherte *filler* der noch offenen *gap* zugewiesen wird. So zeigt ein Vergleich der EKP-Antwort auf das

Wort „*against*“ erneut eine stärkere LAN für die Bedingungen (21) und (24) im Vergleich zu den Bedingungen (19), (20), (22) und (23).

Rösler, Pechmann, Streb, Röder und Hennighausen (1998) untersuchten den Einfluß der syntaktischen Komplexität auf die LAN. Dazu variierten sie die Anordnung der Satzglieder Subjekt, direktes und indirektes Objekt wie folgt:

(25) Dann hat der Vater dem Sohn den Schnuller gegeben.

(26) Dann hat der Vater den Schnuller dem Sohn gegeben.

(27) Dann hat dem Sohn der Vater den Schnuller gegeben.

(28) Dann hat den Schnuller der Vater dem Sohn gegeben.

(29) Dann hat dem Sohn den Schnuller der Vater gegeben.

(30) Dann hat den Schnuller dem Sohn der Vater gegeben.

Satz (25) repräsentiert die kanonische Form, alle anderen Sätze sind grammatisch korrekt, weichen aber zunehmend von der erwarteten Satzstruktur ab. So ist für Satz (26) zwar die Erwartung „Subjekt vor Objekt“ erfüllt, aber das indirekte Objekt steht nicht vor dem direkten Objekt, in Satz (27) ist nun die Erwartung Subjekt vor indirektem Objekt nicht erfüllt, usw. Die Autoren berichten eine stärkere LAN auf die Artikel, durch die evident wird, daß der Satz nicht in seiner kanonischen Form weitergeführt wird, sondern eine Umstellung der Nominalphrasen vorliegt. Ein Vergleich der EKP-Antwort auf die Artikel der ersten Nominalphrase der Sätze zeigt eine relativ stärkere Negativierung für die Artikel „dem“ und „den“ im Vergleich zu „der“, und ein Vergleich des EKPs auf den Artikel der zweiten Nominalphrase der bisher erwartungstreuen Sätze (25 und 26) zeigt eine relativ stärkere LAN für „den“ im Vergleich zu „dem“.

Eine LAN kann, wie dargestellt, durch ganz unterschiedliche linguistische Konstruktionen provoziert werden. Welche Prozesse sie reflektiert, kann aufgrund der gegebenen Befundlage noch nicht eindeutig bestimmt werden. Einige Autoren gehen davon aus, daß die LAN generell die Kapazitätsauslastung des Arbeitsgedächtnisses indiziert. Diese Interpretation der LAN integriert auch die dargestellten Befunde zu syntaktischen Verletzungen, da, so die Überlegung, moderate syntaktische Inkongruenzen online repariert werden und der Parser dazu die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses benötigt. Rösler et al (1998) hingegen konnten zeigen, daß die LAN lediglich die Aktivität des Parsers bei einer syntaktischen Erwartungsverletzung anzeigt, nicht aber die Beanspruchung des

Arbeitsgedächtnisses. Denn in der Studie von Rösler et al. (1998) trat die LAN nach dem Artikel auf, der eine Erwartungsverletzung bei einer nicht-kanonischen Satzkonstruktion signalisierte. Zu diesem Zeitpunkt kann das System eine Umstellung der Rollenzuweisungen noch nicht vornehmen. Dies ist erst möglich, wenn auch das Inhaltswort der Nominalphrase bekannt ist. Bei dem nach dem Artikel folgenden Inhaltswort trat jedoch keine LAN auf, d.h. die LAN signalisierte in dieser Anordnung möglicherweise nur die Tatsache, daß Kapazität des Arbeitsgedächtnisses benötigt wird, nicht aber die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses selbst.

3.2.2.2 P600

Der zweite und wohl am häufigsten beobachtete Effekt infolge einer Vielzahl syntaktischer Verletzungen ist eine hochamplitudige, mehrere hundert Millisekunden andauernde, zentroparietale Positivierung, deren Beginn zwischen 300 und 500 ms nach Darbietung des Reizes liegt. Diese Positivierung wurde als P600 (Osterhout & Holcomb, 1992) bzw. als „*syntactic positive shift*“ (Hagoort, Brown & Groothusen, 1993) bezeichnet. Die P600 wurde ebenfalls wie die LAN infolge der Verletzung ganz unterschiedlicher syntaktischer Strukturen beobachtet.

Subkategorisierungsverletzungen untersuchten Osterhout und Holcomb (1992). Sie präsentierten Ihren Probanden Sätze, in denen das finite Verb korrekt (z. B. „*The broker hoped to sell the stock*“) oder inkorrekt (z. B. „*The broker persuaded to sell the stock*“) mit einem Nebensatz ergänzt wurde. Sobald der Parser die grammatisch inkorrekte Fortführung bemerkt, kann im EKP eine Positivierung beobachtet werden. Osterhout, Holcomb und Swinney (1994) konnten zeigen, daß die Amplitude der P600 die Schwere der Verb-Subkategorisierungsverletzung markiert.

Die gleiche Positivierung infolge einer Phrasenstrukturverletzung beobachteten Osterhout und Holcomb (1992) in einem zweiten Experiment. Die Autoren konstruierten verkürzte Relativsätze mit Verben, die kein direktes Objekt verlangen und somit im passiven Gebrauch ungrammatisch sind (z. B. „*The broker hoped to sell the stock was sent to jail*“). Die Präsentation des Hilfsverbes „*was*“ löst im Vergleich zum grammatisch korrekten Gegenpart (z. B. „*The broker persuaded to sell the stock was sent to jail*“) neben der bereits beschriebenen LAN (siehe Kapitel 3.2.2.1) auch eine P600 aus. Eine P600 nach Verletzung der Phrasenstruktur wurde nicht nur im Englischen sondern auch in der

holländischen (Hagoort, Brown & Groothusen, 1993) und deutschen (Friederici, Hahne & Mecklinger, 1996) Sprache nachgewiesen. Beobachtete Latenzunterschiede der P600 nach Phrasenstrukturverletzungen wurden mit der relativen Schwierigkeit des syntaktischen Revisionsprozesses in Zusammenhang gebracht (Friederici & Mecklinger, 1996).

Eine fehlende Numerus-Übereinstimmung von Subjekt und Verb untersuchten Hagoort, Brown und Groothusen (1993). Durch eine Umstellung der Satzstruktur Subjekt - Verb - Objekt kann die Auswirkung der Nicht-Übereinstimmung auf das Verb und auf das Subjekt überprüft werden:

(31) *Het verzogende kind **gooit** het speelgoed op de grond.*

Das verzogene Kind **wirft** das Spielzeug auf den Boden.

(32) *Het verzogende kind **gooien** het speelgoed op de grond.*

Das verzogene Kind **werfen** das Spielzeug auf den Boden.

(33) *Na afloop van het feest bestellen de **gasten** een taxi.*

Nach dem Ende der Party bestellten die **Gäste** ein Taxi.

(34) *Na afloop van het feest bestelt de **gasten** een taxi.*

Nach dem Ende der Party bestellt die **Gäste** ein Taxi.

Im Vergleich zu den korrekten Sätzen (31 und 33) ist das EKP auf die kritischen Wörter (fett gedruckt) der inkorrekten Sätze (32 und 34) im Zeitbereich 500 bis 700 ms nach Reizbeginn deutlich positiver. Ähnliche Ergebnisse bei Verletzung der Numerusübereinstimmung berichten Coulson, King und Kutas (1998) sowie Osterhout und Mobley (1995) für die englische und Münte, Matzke und Johannes (1997) für die deutsche Sprache.

Neville, Nicol, Barss, Forster und Garrett (1991) untersuchten u. a. Verletzungen der Subjanz-Bedingung. Sie konstruierten Sätze, in denen eine *wh*-Phrase inkorrektweise aus einer Subjekt-Nominalphrase extrahiert wird (z. B. „*What was a proof of **criticized** by the scientist?*“). Die EKP-Antworten auf die kritischen Wörter wurden mit denen der grammatisch korrekten Kontrollbedingung (z. B. „*Was the proof of the theorem **criticized** by the scientist?*“) verglichen und es zeigte sich, daß diese etwa 600 ms nach Reizbeginn eine stärkere Positivierung evozierten.

Obwohl die der P600 zugrundeliegenden kognitiven Prozesse noch nicht präzise beschrieben werden können, weisen die Auslösebedingungen darauf hin, daß die

Positivierung möglicherweise den Prozeß einer syntaktischen Reanalyse reflektiert. Wie Rösler et al. (1998) vermuten, tritt sie dann auf, wenn die (Theta-) Rollenzuweisung einzelner Wörter und die syntaktische Struktur des Satzes nicht übereinstimmen und die Zuweisung revidiert werden muß.

4 Ableitung der Fragestellung

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit war die Frage, ob Prozesse, die mit der Konstruktion einer Textrepräsentation im Gedächtnis einhergehen, im EKP beobachtet werden können. Der Konstruktionsprozeß findet zwar unmittelbar während der Verarbeitung eines Satzes statt, doch reicht er über die Satzgrenzen hinaus. Wie in Kapitel 2 dargestellt besteht ein zentrales Moment des Prozesses in der Verknüpfung von neuen mit bekannten Informationen. Dabei wird, nachdem durch die Nennung eines Titels oder der Vorgabe des ersten Satzes eine Art Fundament gelegt wurde, anschließend jeder weitere Satz daraufhin überprüft, ob er Entitäten beinhaltet, die mit den bereits bekannten Einträgen im Arbeitsgedächtnis verknüpft werden können. Das sprachverarbeitende System durchsucht also während der Analyse des aktuellen Satzes das Textmodell nach verbindenden Elementen.

Bisher liegen nur wenige EKP-Experimente vor, die gezielt die Prozesse untersuchen, die über die semantische und syntaktische Analyse eines Satzes hinausgehenden bzw. die sich mit dem Verstehen zusammenhängender Sätze beschäftigen. Die von St. George, Mannes und Hoffman (1994; 1997) durchgeführten Experimente untersuchten den Einfluß der Textmerkmale Kohärenz und Inferenz im Hinblick auf die Ausprägung der N400-Amplitude. Osterhout und Mobley (1995) sowie van Berkum, Brown und Hagoort (1999) betrachten beide einen Teilaspekt der Textanalyse, die anaphorische Verknüpfung. So überprüfen Osterhout und Mobley die Folgen syntaktischer Inkongruenzen von Anapher und Antezedent im Vergleich zur fehlenden Übereinstimmung von Subjekt und Verb, van Berkum et al. hingegen betrachten den anaphorischen Auflösungsprozeß und dessen Folgen auf die weitere Satzanalyse. Trotz der geringen Gemeinsamkeiten verdeutlichen die im folgenden dargestellten Experimente, daß ereigniskorrelierte Potentiale auch für Textverstehensprozesse ein sensibles Maß darstellen können.

In zwei Experimenten konnten St. George et al. einen Zusammenhang zwischen Textverstehen und der Ausprägung des N400-Effektes aufzeigen. Im ersten Experiment untersuchten sie den Einfluß globaler Kohärenz (St. George et al., 1994). Globale Kohärenz beschreibt die Leichtigkeit, mit der Probanden vorliegende Propositionen mit thematisch verwandten Ideen verknüpfen können, d. h. globale Kohärenz bezieht sich darauf inwieweit allgemeine semantische Erwartungen erfüllt werden. Dazu wurden den

Probanden verschiedene Textpassagen mit und ohne Titelangabe wortweise präsentiert. Ohne Titel erschienen die einzelnen Passagen wenig kohärent (siehe Beispiel 35), erst bei Vorgabe des Titels („*Procedure for washing clothes*“) war es möglich, den Inhalt der Textpassage - nun eingepaßt in ein globales Schema - zu verstehen.

(35) *The procedure is actually quite simple. First you arrange things into different groups depending on their makeup. Of course, one pile may be sufficient depending on how much there is to do. If you have to go somewhere else due to lack of facilities that is the next step, otherwise you are pretty well set. It is important not to overdo any particular endeavor. That is, it is better to do too few things at once than too many. In the short run this may not seem important, but complications from doing too many can easily arise. A mistake can be expensive as well. The manipulation of the appropriate mechanisms should be self-explanatory, and we need not dwell on it here. At first the whole procedure will seem complicated. Soon, however, it will become just another facet of life. It is difficult to foresee any end to the necessity for this task in the immediate future, but then one never can tell.*

Gemittelt über alle Wörter eines Textabschnittes war das EKP im Bereich der N400 negativer für die Passagen, die ohne Titel präsentiert wurden als für die, denen eine Titelangabe vorausging. Neben den zahlreichen satzinternen Faktoren beeinflußt also auch die globale Kohärenz eines Textes, so St. George et al., die Amplitude der N400.

In einem zweiten Experiment untersuchten St. George et al. (1997) den Einfluß der individuellen Arbeitsgedächtniskapazität auf die Inferenzbildung. In einem Vortest bestimmten sie die Kapazität des verbalen Arbeitsgedächtnisses ihrer Probanden (*reading span* nach Daneman & Carpenter, 1980) und teilten sie in zwei Gruppen - Personen mit hoher und Personen mit geringer Speicherkapazität - ein. Anschließend lasen die Probanden kurze Texte, zu deren Verständnis unterschiedliche Schlußfolgerungen erforderlich waren: zum einen sogenannte überbrückende Inferenzen [engl. *bridging inferences*; (36)], die per Definition zum Aufbau lokaler Kohärenz notwendig sind, und zum zweiten elaborative Inferenzen (37), die optional, d.h. zum Verstehen eines Textes nicht zwingend erforderlich sind (Haviland & Clark, 1974; McKoon & Ratcliff, 1992).

(36) *Pam set the dining room table.*

She forgot about the turkey in the oven.

The guests were disappointed with the ruined meal.

It was too bad the turkey burned. (→ überbrückende Inferenz ausreichend)

(37) *Pam set the dining room table.*

She forgot about the turkey in the oven.

Pam was disappointed when the argumentative guests ruined the meal.

It was too bad the turkey burned. (→ elaborative Inferenz notwendig)

Die Amplitude der N400 gemittelt über alle Wörter des kritischen letzten Satzes, in dem die intendierte Inferenz explizit bezeichnet wird, sollte entsprechend den Hypothesen von St. George et al. dann geringer ausgeprägt sein, wenn die Probanden diesen Schluß bereits vollzogen haben. Die Ergebnisse zeigen, daß die Leser der Gruppe mit hoher Kapazität des verbalen Arbeitsgedächtnisses beide Arten der Schlußfolgerung, überbrückende und elaborative, unmittelbar ziehen, Leser mit geringer Arbeitsgedächtniskapazität hingegen ziehen nur überbrückende Inferenzen.

Osterhout und Mobley (1995) überprüften, ob die fehlende Übereinstimmung von Antezedent und Pronomen, wie z. B. im Satz „*The boy next door never loses her temper with anyone*“, eine syntaktische oder eine semantische Verletzung darstellt. Inwiefern ein solcher Satz eher syntaktische oder semantische Regeln verletzt, ist unklar. So erscheint es plausibel von einer syntaktischen Verletzung zu sprechen, wenn die Übereinstimmung im Genus von Anapher und Antezedent als eine Folge grammatischer „Satzzwänge“ angesehen wird. Ebenso kann alternativ dazu erwogen werden, die fehlende Übereinstimmung als eine Verletzung der Semantik zu betrachten. Da das Wort „*boy*“ eine männliche Person indiziert und das Pronomen „*her*“ auf eine weibliche Person verweist, kommt es, wenn die beiden Begriffe koreferentiell verstanden werden, zu einem Bedeutungskonflikt. Osterhout und Mobley verglichen in ihrem Experiment eine eindeutig syntaktische Verletzung, die Verletzung der Subjekt-Verb-Übereinstimmung (siehe Beispielsatz 38), mit dem inkorrekten Gebrauch von Reflexivpronomen (siehe Beispielsatz 39).

- (38) *The elected officials **hope/hopes** to succeed.*
- (39) *The successful woman congratulated **herself/himself** on the promotion.*

Die Verletzung der Subjekt-Verb-Übereinstimmung („*hopes*“) provozierte, wie erwartet, eine LAN sowie eine späte Positivierung. Die EKP-Antwort auf die inkorrekt flektierten Pronomen („*himself*“) bestand in einer späten Positivierung. Eine Modulation des N400-Effektes, die infolge von semantischen Verletzungen in der Regel beobachtbar ist, konnte weder nach der fehlenden Subjekt-Verb-Übereinstimmung noch nach der fehlenden Antezedent-Anapher-Übereinstimmung festgestellt werden. Die ereigniskorrelierten Potentialantworten LAN und P600 deuten vielmehr daraufhin, daß beide Übereinstimmungsverletzungen auf der syntaktischen Ebene wahrgenommen werden.

Van Berkum, Brown und Hagoort (1999) untersuchten den zeitlichen Verlauf sowie die Wechselwirkung von referentiellen und strukturellen Faktoren während der Satzverarbeitung beim Textverstehen. Im Anschluß an eine kurze Textpassage, in der entweder ein oder zwei Referenten für die im kritischen Satz auftretende Nominalphrase („*the girl*“) eingeführt wurden, präsentierten sie Sätze der folgenden Art „*David told the girl that... .*“ Bereits etwa 280 ms nach Darbietung eines referentiell mehrdeutigen Nomens zeigte sich im Vergleich zu einer eindeutigen Anapher eine linksanteriore Negativierung. Weiterhin wurde diese referentielle Information vom Probanden unmittelbar zur Strukturierung des folgenden Nebensatzes genutzt, der nun entweder als ein Konditionalsatz („*...that there would be some visitors*“) oder als Relativsatz („*that had been on the phone to hang up*“) weitergeführt wurde. Ein später positiver Shift (P600) wurde immer dann ausgelöst, sobald klar wurde, daß auf die mehrdeutige Nominalphrase kein erläuternder Relativsatz folgte. Die Autoren folgern, daß während der Verarbeitung von Sätzen in einem Diskurs strukturelle und referentielle Informationsquellen sofort für jedes Wort zur Verfügung stehen und auch unmittelbar genutzt werden.

Die experimentellen Befunde der drei Autorengruppen zeigen, daß das ereigniskorrelierte Potential Prozesse, die auf die Manipulation des textuellen Kontextes zurückzuführen sind, abzubilden vermag. Sollen jedoch die beim Textverstehen tatsächlich ablaufenden Verknüpfungsmechanismen beschrieben werden, können die dargestellten Studien nicht herangezogen werden. Die von Osterhout und Mobley (1995) sowie von van Berkum et al. (1999) beobachteten Effekte traten infolge semantischer bzw. syntaktischer Verletzungen auf. Sie reflektieren also weniger den Verknüpfungsprozeß „an sich“ als

vielmehr die bei einer fehlgeschlagenen sprachlichen Analyse auftretenden „Reparaturprozesse“. Diese bei Problemen der sprachlichen Analyse zum Einsatz kommenden Routinen, stellen im Rahmen einer „normalen“ Textverarbeitung jedoch eher die Ausnahme denn die Regel dar und bilden unter Umständen Prozesse ab, die nur im Notfall herangezogen werden, wie z. B. die syntaktische Reanalyse eines Satzes (P600) oder die Bereitstellung von Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses (LAN).

In den Arbeiten von St. George et al. (1994; 1997) wurden keine sprachlichen Verletzungen realisiert, es können jedoch andere Einschränkungen geltend gemacht werden. Die Autoren beobachten eine Modulation des N400-Effektes in Abhängigkeit von der globalen Kohärenz eines Textes. Die beschriebenen Effekte basieren jeweils auf einer Mittelung der ereigniskorrelierten Potentiale aller Wörter eines Textes bzw. eines Satzes. Diese Mittelung über alle Wörter geschah unabhängig von deren spezifischen Funktion innerhalb des Textes, also nicht getrennt für referentiell gebrauchte Wörter bzw. alte Entitäten und nicht-referentiell gebrauchte Wörter bzw. neue Entitäten. Eine Bewertung der Ergebnisse im Hinblick auf die Konstruktion eines mentalen Modells kann folglich nur auf einer sehr globalen Ebene erfolgen: Die N400-Amplitude aller Wörter eines Textes bzw. eines Satzes ist im Mittel negativer, wenn diese aufgrund mangelnden Vorwissens in eine unzureichend „vorstrukturierte“ mentale Repräsentation eingepaßt werden. Einzelne an der Konstruktion der Repräsentation beteiligte Mechanismen sind nicht beobachtbar.

Der eigene Ansatz unterscheidet sich von den dargestellten Befunden wie folgt: Ebenso wie in den Studien von Osterhout und Mobley (1995) und von van Berkum et al. (1999) soll die Konstruktion einer Textrepräsentation am Beispiel der Verarbeitung anaphorischer Verweise untersucht werden. Da der Konstruktionsprozeß im wesentlichen auf der Verknüpfung gemeinsamer Elemente beruht, erscheint die Analyse anaphorischer Verweise besonders geeignet. Im Gegensatz zu anderen „verknüpfenden“ Prozessen des Textverstehens wird hier auf genau eine Entität des vorangegangenen Kontextes verwiesen, dem Antezedent. Weniger präzise Kohärenzmarker, wie z. B. „dann“ oder „woraufhin“ sowie überbrückende oder elaborative Schlußfolgerungen (siehe St. George et al., 1997) lassen eine exakte Zuordnung zu einem Antezedentcharakter nicht zu. Im Gegensatz zu den Studien von Osterhout und Mobley (1995) und von van Berkum et al. (1999) wird in den drei Experimenten dieser Arbeit jedoch bewußt auf die Verwendung von sprachlichen Verletzungen verzichtet. In semantisch und syntaktisch legalen Konstruktionen wird die

Schwierigkeit der Integration einer Anapher in das mentale Modell über die Schwierigkeit der Detektion des Antezedenten manipuliert.

Im ersten Experiment wird die Distanz zwischen Anapher und Antezedent variiert. Verhaltensexperimente zeigen, daß nach großen Distanzen die Lesezeit zur Verarbeitung eines anaphorischen Verweises ansteigt (Clark & Sengul, 1979). Wie in Kapitel 2 erläutert, wird während der Verarbeitung einer Anapher der passende Antezedent über Satzgrenzen hinweg durch eine „Rückwärtssuche“ aufgespürt. Sanford und Garrod (1981) gehen davon aus, daß die Suche zuerst im fokussierten Teil des Arbeitsgedächtnisses erfolgt, und gegebenenfalls auf den episodischen Teil des Langzeitgedächtnisses ausgedehnt wird, in dem sich die inaktiven Elemente des aktuellen Textes befinden. Wird der Antezedent bereits zwei oder drei Sätze vor dem anaphorischen Verweis erwähnt, muß davon ausgegangen werden, daß der entsprechende Satz nicht mehr in seiner Oberflächenform erinnert werden kann, sondern in die entsprechenden Propositionen transformiert wurde (Sachs, 1967; Jarvella, 1971; Bransford & Franks, 1971). Die Suche muß dann innerhalb des propositionalen Textmodells stattfinden.

Nun kann die Verfügbarkeit eines speziellen Antezedenten nicht nur durch die Reihenfolge des Auftretens im Text, sondern auch durch strukturelle Eigenschaften des Diskurses eingeschränkt werden. Dabei orientiert sich der Leser nicht an thematischen Rollen, sondern an grammatischen Hinweisreizen. Diese Art des Vorgehens wird als die Strategie paralleler Rollen (engl. *parallel function strategy*) bezeichnet. Sie ist die Grundlage des zweiten Experimentes. Diese Strategie ist deshalb von besonderem Interesse, da sie die von Grosh, Joshi und Weinstein (1995; Joshi & Weinstein, 1981) formulierte Zentrierungstheorie, ein explizites und weithin akzeptiertes Modell der Verbindung von Anapher, Satzstruktur und Kohärenz, in Frage stellt. Die Zentrierungstheorie postuliert, daß bestimmte strukturelle Positionen, wie zum Beispiel das Subjekt oder die erste Position im Satz, für bereits etablierte und saliente Entitäten des Diskurses reserviert sind, sie bilden die sogenannten Aufmerksamkeitszentren (Gernsbacher & Hargreaves, 1988). Das Gelingen einer anaphorischen Auflösung - die Konstruktion eines kohärenten Modells - wird dieser Theorie gemäß allein durch die relative Position des Antezedenten bestimmt. Entsprechend der Strategie paralleler Rollen jedoch liegt das Zentrum der Aufmerksamkeit auf dem potentiellen Antezedenten, der die gleiche grammatische Rolle einnimmt wie die Anapher. Das jeweilige „Zentrum“ ist also nicht fixiert auf bestimmte Schlüsselpositionen des Satzes, sondern wird, ausgehend von

der Anapher, rückwirkend bestimmt. Nutzt der Leser die Strategie paralleler Rollen zur Bestimmung des Antezedenten, so kann die Detektion auch schon auf der Basis der Informationen der syntaktischen Struktur gelingen - ganz ohne Evaluation semantischer Beziehungen.

In beiden Experimenten werden als Anaphertypen sowohl Pronomen als auch Eigennamen verwendet. Wie in Kapitel 2.2 erörtert, unterscheiden sich Pronomen und Eigennamen im Grad ihrer Kontextabhängigkeit und der Präzision bei der Identifizierung des jeweiligen Antezedenten. In einer vergleichenden Betrachtung des EKPs sollen - darauf Bezug nehmend - Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgearbeitet werden. Pronomen und Eigennamen unterscheiden sich jedoch nicht nur hinsichtlich der Kontextabhängigkeit und Identifizierungsgenauigkeit, sondern werden unterschiedlichen Wortklassen zugeordnet. Pronomen gehören zur Gruppe der Funktionswörter, die in erster Linie der grammatischen Strukturierung eines Satzes dienen. Eigennamen andererseits zählen zur Gruppe der Inhaltswörter. Psycholinguistische und neuropsychologische Studien konnten zeigen, daß die Verarbeitung von Funktions- und Inhaltswörtern in distinkten Gehirnarealen geschieht (Friederici & Schoenle, 1980; Bradley, Garrett & Zurif, 1980; Nißlein, Müsseler & Koriat, 1998; Koriat & Greenberg, 1994). Im ereigniskorrelierten Potential zeigen sich Unterschiede zwischen den Wortklassen in drei Komponenten, einer frühen linksanterioren Negativierung (N280), einer späten linksanterioren Negativierung (N400-700) und dem N400-Effekt. Die Interpretation dieser Befunde ist jedoch dadurch erschwert, daß sich die beiden Wortklassen neben der jeweiligen syntaktischen Rolle in einer Reihe weiterer Variablen voneinander unterscheiden: der Wortlänge (Funktionswörter sind kürzer als Inhaltswörter), der Wortfrequenz (Funktionswörter treten sehr viel häufiger auf als Inhaltswörter), dem Ausmaß der kontextuellen Bahnung (im Satzkontext gelingt die Vorhersage von Funktionswörtern deutlich besser als die von Inhaltswörtern: 63% versus 28 %; Aborn, Rubenstein & Sterling, 1959), dem Grad der Abstraktheit (Funktionswörter sind abstrakter als Inhaltswörter), der referentiellen Funktion (Inhaltswörter benutzen häufiger referentielle Bezüge als Funktionswörter) und den für Funktionswörter geringeren Flexionsmöglichkeiten. Außer für die Moderatorvariablen Wortlänge und -frequenz wurde bisher keine systematische Überprüfung dieser Faktoren auf die Ausprägung der für Funktions- und Inhaltswörter unterschiedlichen Muster ereigniskorrelierter Potentiale vorgenommen. Die Untersuchung unterschiedlicher anaphorischer Verweise - wie sie in den beiden ersten Experimenten

dieser Arbeit geplant ist - ermöglicht die Gegenüberstellung von Inhaltswörtern (Eigennamen) und Funktionswörtern (Pronomen) in identischen Satzkontexten und damit die Konstanthaltung zweier weiterer Faktoren: kontextuelle Bahnung und referentielle Funktion. Die Konstanthaltung einerseits und die experimentellen Manipulationen der Distanz bzw. der strukturellen Parallelität andererseits bieten die Möglichkeit, weitere Informationen im Hinblick auf die Distinktheit der mentalen Repräsentation von Funktions- und Inhaltswörtern zu gewinnen.

Neben den sogenannten modellinterpretierenden (engl. *model-interpretative*) Anaphern, zu denen Eigennamen und Pronomen zählen, wird in der linguistischen Literatur eine andere Gruppe anaphorischer Verweise beschrieben, die sogenannten elliptischen Konstruktionen. Diese Unterscheidung geht zurück auf Hankamer und Sag (1976), die postulieren, daß die beiden Anaphertypen auf verschiedene Ebenen der mentalen Repräsentation des Diskurses verweisen. Modellinterpretierende (=MI) Anaphern detektieren den jeweiligen Referenten innerhalb des Situationsmodells. Die Verknüpfung von Ellipsen geschieht auf der Repräsentationsebene der Oberflächenform des Satzes. Die Autoren vermuten weiterhin, daß der Verknüpfungsprozeß einer Ellipse als ein Kopierprozeß beschrieben werden kann, die Interpretation einer modellinterpretierenden Anapher hingegen durch „plausibles Schlußfolgern“ (engl. *plausible reasoning*) erfolgt. Im dritten Experiment sollen nun diese beiden Anaphertypen einander gegenübergestellt werden. Zeigt sich bei analoger Manipulation der Identifizierbarkeit des Antezedenten ein zeitlicher bzw. topographischer Unterschied im ereigniskorrelierten Potentialmuster, kann davon ausgegangen werden, daß es sich um distinkte Klassen anaphorischer Verweise handelt. Desweiteren erlaubt dieser Vergleich eine Aussage darüber, inwiefern sich die linguistische Unterscheidung einzelner Diskursebenen auch in psychophysiologischen Reaktionsmustern abbildet.

5 Experiment 1: EKP-Effekte indizieren die Nähe von Anapher und Antezedent

Zur Schwierigkeitsmanipulation der Gedächtnissuche nach einem passenden Antezedenten wird die Distanz zwischen Anapher und Antezedent systematisch variiert. Zahlreiche Verhaltensstudien haben gezeigt, daß sich die Geschwindigkeit der anaphorischen Zuweisung mit zunehmender Distanz verlangsamt (Garrod & Sanford, 1977; Clark & Sengul, 1979; Daneman & Carpenter, 1980; Ehrlich & Rayner, 1983). Clark und Sengul (1979) maßen die Lesezeiten, die ihre Probanden benötigten, um im folgenden Beispiel 40 den Zielsatz (d) inklusive anaphorischem Verweis zu verstehen, wenn diesem die Kontextsätze (a-c) vorausgegangen waren. Dabei variierten sie die Anordnung der Kontextsätze, so daß der Satz, in dem der Antezedent *an upholstered chair* des anaphorischen Verweises *The chair/It* eingeführt wurde, dem Zielsatz entweder unmittelbar vorausging (Reihenfolge a-b-c), zwei Sätze vorausging (Reihenfolge a-c-b) oder zu Beginn als erster Satz des Kontextparagrafen dargeboten wurde (Reihenfolge c-a-b).

(40) Kontext

- a. *A broadloom rug in rose and purple colors covered the floor.*
- b. *Dim light from a small brass lamp cast shadows on the walls.*
- c. *In one corner of the room was an upholstered chair.*

Zielsatz

- d. ***The chair/It** appeared to be an antique.*

Unabhängig von der Form des anaphorischen Verweises (Nominalphrase oder Pronomen) zeigen die Ergebnisse, daß die Probanden weniger Zeit zum Lesen des Zielsatzes benötigen, wenn der Antezedent unmittelbar im Satz davor (Reihenfolge a-b-c) eingeführt worden war. Eine weitere Differenzierung für entferntere Distanzen ergab sich nicht, die Lesezeiten für die 2- oder 3-Sätze Distanz unterschieden sich nicht voneinander. In einem zweiten Experiment zeigten Clark und Sengul, daß diese Art von Diskontinuität der Lesezeiten nicht nur nach Satzgrenzen, sondern bereits nach Nebensatzgrenzen auftritt. Die Autoren postulieren, daß die Suche im Gedächtnis nicht auf kontinuierliche Weise, Wort für Wort, geschieht, sondern entsprechend dem Diskontinuitätsmodell, wobei dem letzten

Satz/Nebensatz eine besondere Stellung zukommt. Gemäß Kapitel 2.1 stehen verschiedene Erklärungsmöglichkeiten für eine diskontinuierlich verlaufende Suche zur Verfügung. Mit Bezug auf Jarvella (1971) könnte man vermuten, daß die Repräsentation der Oberflächenform eines Satzes verlorengeht, sobald eine Satzgrenze überschritten wird. Die erweiterte Suche außerhalb der Oberflächenrepräsentation, im propositionalen Text- oder im Situationsmodell erfolgt erst dann, wenn kein Antezedent aufgefunden werden konnte. In diesem Fall lassen sich längere Verarbeitungszeiten beobachten. Sanford und Garrod (1981) würden als Erklärung dieses Befundes anführen, daß nur die fokussierte Information des in seiner Kapazität beschränkten Arbeitsspeichers den primären Referenzbereich darstellt und daß die Reaktivierung von Informationen des Langzeitspeichers der Grund für die verlangsamte Verarbeitung der größeren Distanzen ist.

Einen weiteren Aspekt erörtern Clifton und Ferreira (1987) nach einer Analyse des von Clark und Sengul benutzten Satzmaterials: Sie vermuten, daß sich mit der Veränderung der Reihenfolge der Kontextsätze auch die Diskurstopik verändert hat. Mit jedem neuen Satz, so die Autoren, wird ein neues Thema in den Diskurs eingeführt. Eine experimentelle Überprüfung ihrer Idee, wobei sie Distanz und Topikcharakter der Antezedenten unabhängig voneinander variierten, zeigte, daß der Wechsel des Diskursthemas einen sehr viel stärkeren Einfluß auf die Geschwindigkeit der anaphorischen Auflösung ausübt als die Distanz, bestimmt über die Anzahl der intervenierenden Satzgrenzen.

Eine möglichst effektive Variation der Antezedent-Anapher Verbindung, ohne auf eine grammatische oder semantische Verletzung zurückgreifen zu müssen, stellt demnach eine Kombination aus Distanzeffekt und Themawechsel dar. Analog der Studie von Clark und Sengul sollen auch in der vorliegenden Arbeit zwei Typen anaphorischer Verweise untersucht werden: Da die Messung des ereigniskorrelierten Potentials sich auf einzelne Wörter eines Satzes bezieht, eignen sich die in den von Clark und Sengul benutzten Sätzen aus Artikel und Nomen zusammengesetzten Nominalphrasen nicht für ein EKP-Experiment. Anstelle der Nominalphrasen wurden wiederholte Eigennamen den pronominalen Verweisen gegenübergestellt. Die in Kapitel 2.2.1 vorgestellten Verhaltensexperimente haben gezeigt, daß der zeitliche Auflösungsprozeß für wiederholte Eigennamen und Pronomen verschieden ist. Im Gegenteil zu den lexikalisch wenig transparenten Eigennamen gelingt den pronominalen Verweisen eine schnelle und unmittelbare Identifikation des passenden Antezedenten (=Verknüpfung; engl. *bonding*)

nur dann, wenn dieser sich im Fokus der Aufmerksamkeit befindet und mit Hilfe der Genus- und Numerusinformation eindeutig zugeordnet werden kann. Damit eine Verknüpfung auch tatsächlich stattfinden kann, werden nur Pronomen verwendet, die den jeweiligen Antezedenten eindeutig identifizieren.

Wir erwarten, daß die bei großen räumlichen Distanzen/Topikwechsel auftretende Mehrbelastung im ereigniskorrelierten Potential sichtbar gemacht werden kann. Studien zu Sprachverarbeitung und ereigniskorrelierten Potentials konnten zeigen, daß besonders zwei Komponenten kurzzeitige Veränderungen in der Kapazitätsauslastung widerspiegeln (siehe Kapitel 3.2). Für Prozesse des verbalen Arbeitsgedächtnisses ist dies eine linksanteriore Negativierung (LAN: Kluender & Kutas, 1993; King & Kutas, 1995; Rösler, Pechmann, Streb, Röder & Hennighausen, 1998) und für semantische Integrationsprozesse eine parietale Negativierung (N400: Kutas & Hillyard, 1980a).

Für den Fall, daß die experimentelle Manipulation sichtbare Spuren im ereigniskorrelierten Potential hinterläßt, erhält man ebenfalls Aufschluß darüber, auf welcher Ebene der Prozeß der anaphorischen Verknüpfung bzw. die Suche nach dem Antezedenten stattfindet. Ein zur N400 ähnlicher Effekt würde demnach darauf hindeuten, daß die Verknüpfung ohne Rückgriff auf syntaktische Informationen stattfindet, möglicherweise innerhalb semantisch-propositionaler Repräsentationen. Ein LAN-verwandtes ereigniskorreliertes Antwortmuster hingegen würde den Arbeitsgedächtnis-Charakter des anaphorischen Zuweisungsprozesses betonen. In diesem Kontext wird angenommen, daß sich die anaphorische Verknüpfung mit einem nahen Antezedenten auf einer anderen Ebene der Textrepräsentation (siehe Jarvella, 1971; Sanford & Garrod, 1981) vollzieht als die Verknüpfung mit einem zwei oder drei Sätze zurückliegenden Antezedenten.

Darüber hinaus wird ein besonderes Augenmerk auf den Vergleich von Eigennamen und Pronomen im Hinblick auf deren Zugehörigkeit zu verschiedenen Wortklassen gelegt, wobei Ähnlichkeiten und Unterschiede in der Reaktion auf die experimentelle Manipulation Ähnlichkeiten und Unterschiede in bezug auf die Verarbeitungsmodule von Funktions- und Inhaltswörtern widerspiegeln.

5.1 Methode

5.1.1 Versuchspersonen

An der dem EEG-Experiment vorangestellten Reaktionszeitstudie nahmen insgesamt 15 Versuchspersonen teil. Sieben dieser Probanden waren weiblich, und die Altersspanne lag zwischen 20 und 33 Jahren bei einem Durchschnittsalter von 25 Jahren. Insgesamt 20 Probanden durchliefen die EKP-Studie, wobei jedoch aufgrund von Artefakten bei der Aufzeichnung des EEGs die Daten von 4 Versuchspersonen nicht ausgewertet werden konnten. Die Hälfte der Probanden dieser Stichprobe war weiblichen Geschlechts, das Durchschnittsalter betrug 24 Jahre (min. = 20, max. = 32). Alle Probanden waren nach eigener Aussage Rechtshänder und muttersprachlich deutsch aufgewachsen. Sie wurden für ihre Teilnahme finanziell oder mit entsprechenden Versuchspersonenstunden entlohnt.

5.1.2 Material

300 semantisch unterschiedliche Textpassagen (=Trials) wurden konstruiert. Ein Trial bestand aus drei kohärenten Kontextsätzen, einem Zielsatz und einer abschließenden Ja/Nein-Frage. In zwei der drei Kontextsätze wurden Antezedenten unterschiedlichen Geschlechts (z. B. Lisa/Peter) eingeführt. Die beiden potentiellen Antezedenten bildeten jeweils das Subjekt des entsprechenden Kontextsatzes. In einem dritten Kontextsatz wurde keine weitere Person eingeführt, um eine aufgrund der Genusinformation eindeutige pronominale Zuweisung zu gewährleisten. Das Thema des jeweils dritten Kontextsatzes bildete eine sächliche Nominalphrase (z. B. „Die Steine sind hervorragend geschliffen“). Der Zielsatz beinhaltete eine anaphorische Referenz auf eine der beiden eingeführten Personen, je zur Hälfte (= 150 Trials) wurde die Referenz als Wiederholung des Eigennamens oder durch Einfügen des entsprechenden Pronomens realisiert. Das Genus der Anaphern bezog sich in je 50 % der Fälle auf einen weiblichen und einen männlichen Antezedenten. Für jede Versuchsperson wurde die Zuordnung von Anaphertyp und Szenario zufällig ausgewählt. In jeweils einem Drittel der Trials (= 100) verwies die Anapher dabei entweder auf einen Antezedenten in Satz 1 (s1), auf einen Antezedenten in Satz 2 (s2) oder auf einen Antezedenten in Satz 3 (s3). Alle Zielsätze hatten die syntaktische Form „Adverb-Hilfsverb-Anapher-Nominalphrase-Nominalphrase-Verb“.

Durch die systematische Manipulation der Faktoren Distanz zwischen Anapher und Antezedent (3 Stufen) und Form des anaphorischen Verweises (2 Stufen) ergeben sich 6 experimentelle Bedingungen, d.h. 50 Trials pro Ereignisgruppe mit unterschiedlichem Szenario (siehe Beispielsätze). Die Frage am Ende eines Trials bezog sich inhaltlich gleich häufig auf in Satz s1, s2, s3 oder die im Zielsatz geschilderten Ereignisse und war zu jeweils 50 % mit „Ja“ bzw. „Nein“ zu beantworten.

Beispieltexte (der Antezedent ist unterstrichen und die Anapher fett dargestellt):

Antezedent im Kontextsatz 1 = Bedingung s1

Kontext:

s1: Peter schlendert über einen Basar.

s2: Lisa verkauft Edelsteine an Touristen.

s3: Die Steine sind hervorragend geschliffen.

Zielsatz:

Nun wird **Peter/er** der Händlerin einen Diamanten abkaufen.

Frage:

Kauft Peter den Diamanten?

Antezedent im Kontextsatz 2 = Bedingung s2

Kontext:

s1: Das Wetter heute ist einladend.

s2: Gerhart ist ein erfahrener Bergsteiger.

s3: Anna will eine Bergtour unternehmen.

Zielsatz:

Nun wird **Gerhart/er** der Touristin den Aufstieg zeigen.

Frage:

Ist Gerhart ein erfahrener Bergsteiger?

Antezedent im Kontextsatz 3 = Bedingung s3*Kontext:*

s1: Beate besitzt eine kleine Tierpension.

s2: Überall im Haus sind Tiere.

s3: Tom ist ein alter Kater.

Zielsatz:

Heute hat **Tom/er** der Frau die Tür zerkratzt.

Frage:

Besitzt Tom eine Tierpension?

5.1.3 Versuchsablauf

Die Untersuchung fand in einem fensterlosen, schallgedämmten Laborraum des Fachbereichs Psychologie der Philipps-Universität Marburg statt. Der Monitor (Bildwiederholungsrate 70 Hz) eines ATARI SM 124-Rechners zur Darbietung des Reizmaterials befand sich auf Augenhöhe etwa 70 cm vor der Versuchsperson. Jeder Trial begann mit der Darbietung eines schwarzgerahmten, grauunterlegten Rechtecks in der Mitte des Bildschirms. Der Rahmen diente als Fixationsfläche und war 5 cm breit und 2 cm hoch.

Die drei Kontextsätze und der Zielsatz jedes Trials wurden Wort für Wort in der Mitte des Rahmens dargeboten. Die Wörter erschienen in schwarzen Buchstaben in einem Schinkel von 0.4 Grad in der Höhe und von maximal 3.3 Grad in der Breite. Das Ende der einzelnen Sätze wurde durch einen Punkt zusammen mit dem jeweils letzten Wort indiziert. Das erste Wort jedes Trials wurde 500 ms nach der Darbietung des Rahmens präsentiert. Die einzelnen Wörter erschienen für 250 ms gefolgt von einem ISI von 250 ms. Zwischen den vier Sätzen eines Trials betrug das ISI 500 ms.

Die Studie wurde in zwei Versionen durchgeführt: In einer Vorstudie, einem Reaktionszeitexperiment, wurde die Präsentation der Frage von den Probanden kontrolliert. Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand lagen auf den Tasten 1 und 2 des Nummernfeldes der Tastatur. Die Probanden waren aufgefordert, eine der beiden Tasten zu drücken, sobald sie die jeweils vorausgehende Textpassage gelesen hatten und bereit waren, die Frage zu

beantworten. Die Zeit zwischen dem letzten Wort der Textpassage und der Reaktion der Versuchsperson wurde aufgezeichnet (=Verstehenszeit). Nach der Reaktion wurde die Frage für 5 s präsentiert, und die Probanden hatten sie innerhalb dieses Zeitlimits zu beantworten (=Antwortlatenz). Die Frage wurde als ganzer Satz in einem breiteren Rahmen präsentiert. Die Ja/Nein-Entscheidung erfolgte über die beiden Tasten, wobei die Zuordnung der Antworttasten über die Versuchspersonen permutiert wurde. Eine falsche oder zu spät abgegebene Reaktion wurde dem Probanden durch eine Nachricht auf dem Bildschirm rückgemeldet. Ein Trial endete mit dem Verschwinden der Frage und des Rahmens. Der nächste Trial startete nach einem variablen Intervall von 2 bis 4 s erneut mit der Darbietung des Rahmens.

In der EEG-Studie wurde bis auf folgende zwei Ausnahmen analog vorgegangen: Die Präsentation der Frage wurde nicht von der Versuchsperson angefordert, sondern das letzte Wort des Zielsatzes und die Präsentation der Frage waren durch ein fixes Intervall von 3 s Länge (=mittlere Verstehenszeit der Vorstudie plus zwei Standardabweichungen) voneinander getrennt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um Kontaminationen der EEG-Aufzeichnung mit Bewegungsartefakten oder bewegungsbezogenen EKP-Effekten zu vermeiden. Weiterhin erfolgte die Reaktion (=Antwortlatenz) der Versuchsperson nicht über die Tasten 1 und 2 der Tastatur, sondern über das Heben von Zeige- und Mittelfinger aus einer Lichtschranke heraus.

Die 300 Textpassagen wurden in zufälliger Reihenfolge präsentiert mit der Restriktion, daß nicht mehr als drei aufeinanderfolgende Sätze aus der gleichen Ereignisgruppe stammen. Sie wurden in 25 Blöcken à 12 Trials bearbeitet. Am Ende jedes Blocks wurde der Versuchsperson die Fehlerzahl pro Block sowie die kumulierte Gesamtfehlerzahl zurückgemeldet und es bestand die Möglichkeit, eine kurze Pause einzulegen.

5.1.4 EEG-Aufzeichnung

Das EEG wurde von 61 Ag/AgCl-Elektroden monopolar aufgezeichnet. Die Positionen sind in Abbildung 1 dargestellt, die Benennung der einzelnen Elektroden stellt eine Erweiterung des von Jaspers beschriebenen 10-20 Systems dar. Die Elektroden wurden in eine Elektrodenhaube (System Gaggl, Graz, Österreich) eingesetzt. Die zentrale Elektrode Cz wurde dabei in Relation zu Nasion, Inion und den präaurikularen Punkten mittig auf

dem Kopf der Versuchspersonen positioniert. Als Referenz der Kopfelektroden wurde die Nasenspitze gewählt. Die Probanden wurden am linken Mastoiden geerdet. Durch zwei bipolare Elektrodenpaare wurden Augenbewegungen aufgezeichnet: horizontale als Differenzableitung zwischen den äußeren Canthi, vertikale als Differenzableitung einer Elektrode über und einer Elektrode unter dem linken Auge.

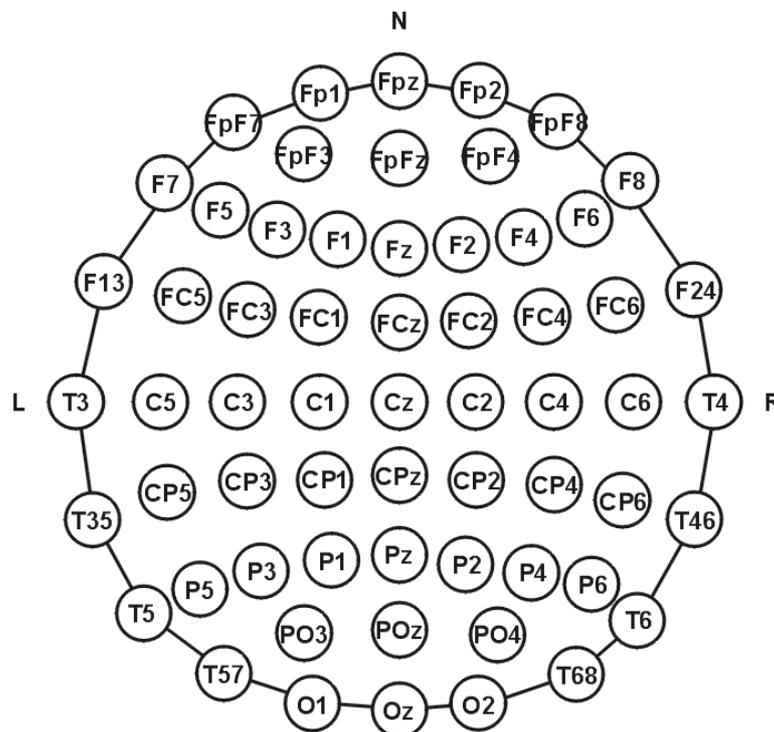


Abb. 1: Anordnung der 61 Elektrodenpositionen

Vor dem Setzen der Elektroden wurden die entsprechenden Hautstellen mit Abralyt-Gel und Alkohol gereinigt und die Elektroden und die Löcher der Elektrodenhaube mit Elektrolyt-Gel gefüllt. Die Impedanzen der Elektroden lagen jeweils unter 8 k Ω . Für die Aufzeichnung standen zwei 32-Kanal Verstärker (SYNAMPS, NeuroScan) zur Verfügung. Der Bandpassfilter wurde von DC bis 30 Hz gesetzt und die Aufzeichnungsrate betrug 100 Hz. Vor jedem Block erfolgte eine automatische DC-Rückstellung.

Augenartefakte wurden mit Hilfe einer Wavelet-Analyse detektiert und durch einen linearen Interpolationsalgorithmus korrigiert. Die in einer DC-Aufzeichnung auftretende Gleichspannungsdrift wurde entsprechend dem Vorgehen von Hennighausen, Heil und Rösler (1993) kompensiert. Aus dem EEG-Rohdatensatz wurden die ereigniskorrelierten Potentiale durch Mittelung einzelner Trials getrennt nach Versuchsperson, Elektrode und experimenteller Bedingung extrahiert. Nicht in die Mittelung einbezogen wurden (a) Trials

mit Amplituden größer als ± 125 Microvolt, (b) Trials, mit einer inkorrekten Reaktion auf die Frage, und (c) Trials, deren Antwortlatenzen kürzer als 200 ms und länger als 5 s waren.

5.1.5 Auswertung

Zur Auswertung der Vorstudie wurden die Fehlerrate und die mittleren Reaktionszeiten der Verstehenszeit und der Antwortlatenz für die experimentellen Bedingungen Distanz und Anapher bestimmt und varianzanalytisch überprüft. Für die statistische Analyse des EEG-Experimentes wurden folgende 19 Elektrodenpositionen selektiert: frontal (Fpz, F7, F3, Fz, F4, F8, FC3, FC4), zentral (C3, Cz, C4), temporal (T3, T5, T4, T6), parietal (P3, Pz, P4) und okzipital (Oz). Diese Einschränkung wurde vorgenommen, um einer Inflation der Freiheitsgrade bei Testung von Interaktionen mit dem Faktor Elektrode entgegenzuwirken. Die Analysen wurden zum einen für einzelne kritische Wörter, die Anaphern, durchgeführt als auch - zur Testung langsamer Veränderungen - über die gesamte Passage hinweg. Zur Auswertung des EKPs auf einzelne Wörter hin wurden die mittleren Amplitudenwerte für 23 aufeinanderfolgende Zeitintervalle von 40 ms Länge vom Beginn der Präsentation des interessierenden Wortes an bis 920 ms danach bestimmt. Um den Einfluß des einzelnen Wortes zu isolieren, diente als Baseline die Durchschnittsamplitude 100 ms vor Reizbeginn. Zur Auswertung des EKPs der ganzen Passage (=langsame Potentiale) wurden die mittleren Amplitudenwerte für 16 aufeinanderfolgende Zeitintervalle von 1 sec Länge vom Beginn der Textpräsentation an bis 16 sec danach bestimmt. Als Baseline diente die Durchschnittsamplitude 1 sec vor Reizbeginn. In einem ersten Schritt wurde eine Varianzanalyse mit den Meßwiederholungsfaktoren Anapher, Distanz und Elektrode für jede der Zeitepochen gerechnet. Danach wurden die Effekte der experimentellen Bedingungen separat an jeder Elektrode und für jede Zeitepoche mit „lokalen“ Varianzanalysen getestet. Gegebenenfalls wurden post-hoc-Kontraste zur weiteren Bestimmung bestehender Mittelwertsunterschiede berechnet. Um eine Inflation des Alpha-Fehlers zu vermeiden, werden nur die Effekte interpretiert, die den von Rösler, Friederici, Pütz und Hahne (1993) formulierten Kriterien entsprechen. Die Wahrscheinlichkeitsangaben der beobachteten F-Werte wurden entsprechend den Formeln von Huynh und Feldt (1976) adjustiert. Zur Analyse topographischer Unterschiede wurde analog dem von McCarthy und Wood (1985) empfohlenen Verfahren vorgegangen.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Verhaltensdaten

Im folgenden werden die Ergebnisse der Varianzanalysen mit den Meßwiederholungsfaktoren Distanz und Anapher sowie die Ergebnisse einzelner post hoc Mittelwertsvergleiche der abhängigen Variablen Verstehenszeit, Antwortlatenz und Fehlerrate aufgeführt.

Die Verstehenszeit zeigt, wie in Tabelle 2 (links) ersichtlich, sowohl für Pronomen als auch für Eigennamen einen deutlichen Anstieg in Abhängigkeit von der Distanz: kürzere Reaktionszeiten für kurze Distanzen und zunehmend längere Reaktionszeiten für lange Distanzen. Diese Beobachtung wird im signifikanten Haupteffekt Distanz ($F(2,28)=8.48$, $p=0.0013$) einer Varianzanalyse bestätigt. Im Anschluß berechnete Kontraste zeigen, daß die kürzeste Distanz (s3) von den längeren Distanzen (s1 und s2) signifikant verschieden ist (Kontrast s3 vs. s2: $F(1,14)=8.41$, $p=0.00116$; Kontrast s3 vs. s1: $F(1,14)=16.12$, $p=0.0013$). Die beiden längeren Distanzen, s2 und s1, unterscheiden sich nicht voneinander. Der Haupteffekt Anapher sowie die Interaktion Anapher x Distanz wird nicht signifikant.

Die Varianzanalyse der Antwortlatenz liefert eine signifikante Interaktion Anapher x Distanz ($F(2,28)=3.74$, $p=0.0363$). Untergeordnete Analysen zeigen für Distanz s1 einen signifikanten Haupteffekt Anapher ($F(1,14)=8.16$, $p=0.0127$). Demnach wird die Frage bei sehr großen Distanzen (s1) nach Eigennamen schneller beantwortet als nach pronominalen Anaphern (siehe Tabelle 2, mitte). Die Haupteffekte Distanz und Anapher werden nicht signifikant.

Tabelle 2 (rechts) gibt die Fehlerraten getrennt für Eigennamen und Pronomen sowie die einzelnen Distanzbedingungen wieder. Die Ergebnisse sind unsystematisch und die Varianzanalyse liefert kein signifikantes Ergebnis.

Tabelle 2: Verstehenszeit, Antwortlatenz und Fehlerrate (Standardabweichungen in Klammern)

| | | Verstehenszeit (in ms) | Antwortlatenz (in ms) | Fehlerrate (in %) |
|------------|----|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Eigennamen | s1 | 878 (561) | 1391 (413) | 1,52 (4,8) |
| | s2 | 888 (585) | 1380 (386) | 1,38 (4,6) |
| | s3 | 831 (522) | 1410 (425) | 1,66 (5,0) |
| Pronomen | s1 | 886 (570) | 1437 (445) | 1,52 (4,8) |
| | s2 | 863 (567) | 1407 (414) | 1,50 (4,8) |
| | s3 | 842 (555) | 1395 (408) | 1,38 (4,6) |

5.2.2 EKP-Studie

Die Auswertung des ereigniskorrelierten Potentials erfolgt zum einen für den gesamten Trialverlauf, wobei insbesondere langsame Potentialverschiebungen interessieren, und zum anderen für die anaphorischen Verweise, Pronomen und wiederholter Eigennamen.

5.2.2.1 Langsame Potentiale

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der über alle Distanzen gemittelten ereigniskorrelierten Potentiale während der Verarbeitung der Textpassagen getrennt für Eigennamen und Pronomen. Erkennbar sind die phasischen Potentiale auf jedes einzelne Wort hin. Betrachtet man die vier Sätze im einzelnen so ist von Beginn eines Satzes bis zu dessen Ende eine langsam ansteigende Negativierung beobachtbar. Nach jeder Satzgrenze/nach dem jeweils letzten Wort eines Satzes folgt eine starke Positivierung für die Dauer von etwa 1 Sekunde und im Anschluß an die Positivierung des letzten Satzes eine bis zur Präsentation der Frage langsam ansteigende Negativierung, die für Eigennamen stärker ausgeprägt zu sein scheint als für Pronomen. Eine Varianzanalyse für 16 aufeinanderfolgende Zeitscheiben einer Länge von jeweils 1 sec mit den Faktoren Zeit, Elektrode, Anapher und Distanz liefert jedoch keine signifikanten Effekte.

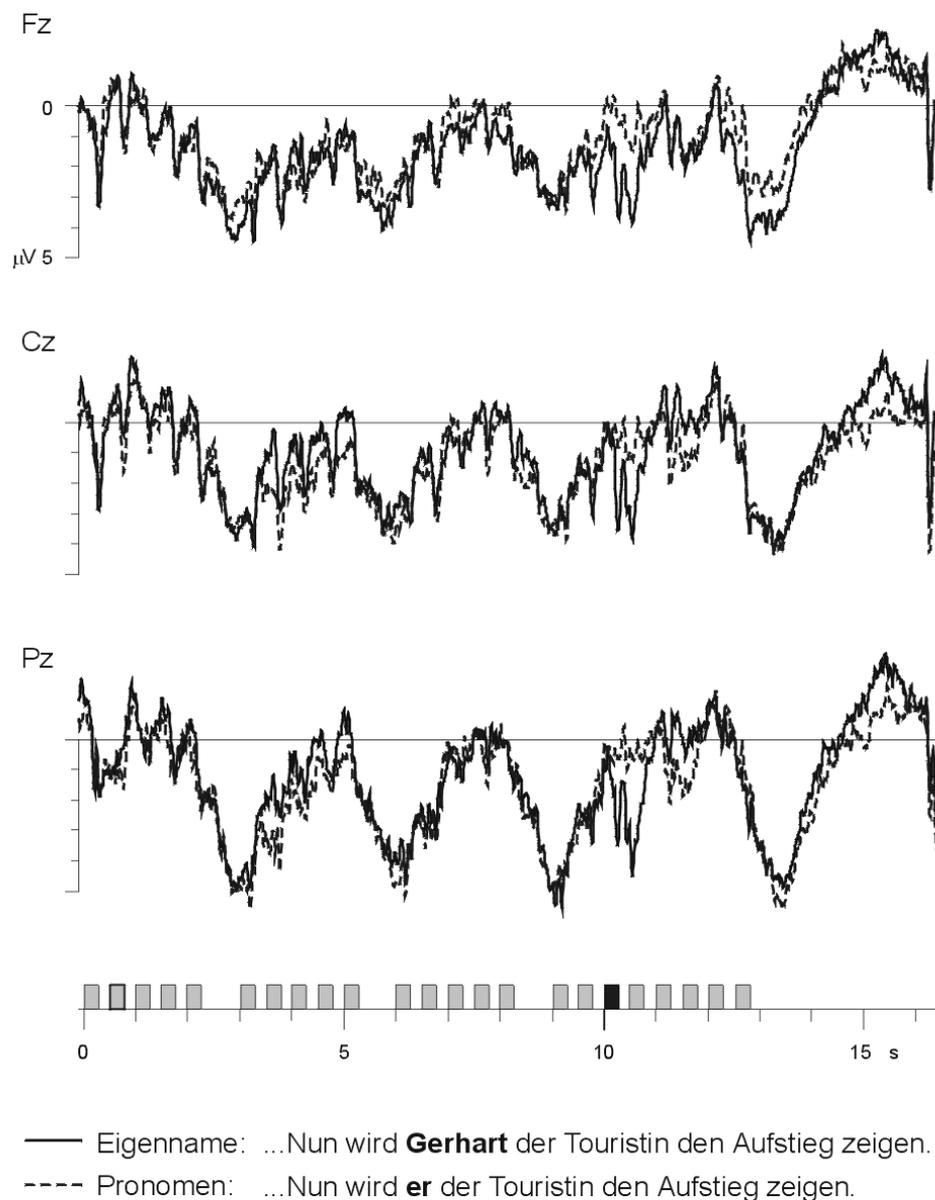


Abb. 2: EK-Potential des ganzen Trials getrennt für Eigennamen und Pronomen gemittelt über alle drei Distanzen ($n=16$). Abgebildet sind die drei mittleren Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Passage bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

5.2.2.2 Phasische Potentiale

Abbildung 3 zeigt die über alle Distanzen gemittelten EKP-Kurven separat für die beiden Typen anaphorischer Verweise. Das EKP nach einem Pronomen ist negativer als das EKP nach Eigennamen, wobei ein früher und ein später Effekt unterschieden werden können: Die Varianzanalyse liefert für den Zeitbereich 200 bis 320 ms und für den Zeitbereich von 60 bis 640 ms einen signifikanten Haupteffekt Anapher sowie eine signifikante Interaktion Anapher x Elektrode (siehe Tabellen 3 und 4).

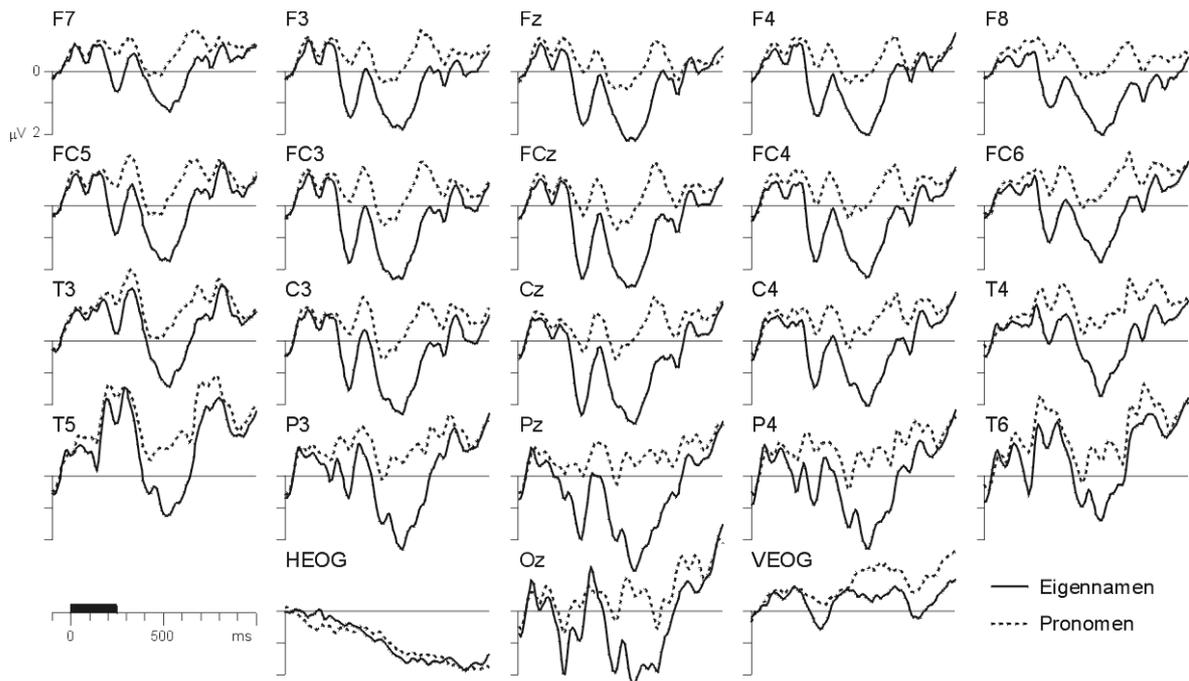


Abb. 3: EK-Potential nach Eigennamen und Pronomen (n=16). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

Tabelle 3: Signifikanter Haupteffekt Anapher

| Zeit | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|------------|----------------|--------|-----------------------|----------|--------|-------------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| 200-240 ms | 1 | 15 | 1186.6712 | 52.6263 | 22.55 | 0.0003 |
| 240-280 ms | 1 | 15 | 1423.7390 | 71.2074 | 19.99 | 0.0004 |
| 280-320 ms | 1 | 15 | 680.2851 | 107.0993 | 6.35 | 0.0235 |
| 360-400 ms | 1 | 15 | 518.4534 | 57.5816 | 9.00 | 0.0090 |
| 400-440 ms | 1 | 15 | 766.0060 | 90.8143 | 8.43 | 0.0109 |
| 440-480 ms | 1 | 15 | 1374.1898 | 157.3114 | 8.74 | 0.0098 |
| 480-520 ms | 1 | 15 | 2392.6151 | 216.0513 | 11.07 | 0.0046 |
| 520-560 ms | 1 | 15 | 2502.7270 | 198.1905 | 12.63 | 0.0029 |
| 560-600 ms | 1 | 15 | 2208.7783 | 180.4212 | 12.24 | 0.0032 |
| 600-640 ms | 1 | 15 | 1423.9864 | 168.1934 | 8.47 | 0.0108 |

Tabelle 4: Signifikante Interaktion Anapher x Elektrode

| Zeit | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|------------|----------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| 200-240 ms | 18 | 270 | 4.6435 | 1.1020 | 4.21 | 0.0051 |
| 240-280 ms | 18 | 270 | 4.3202 | 1.0884 | 3.97 | 0.0051 |
| 280-320 ms | 18 | 270 | 11.3183 | 1.5538 | 7.28 | 0.0001 |
| 360-400 ms | 18 | 270 | 3.6983 | 1.1521 | 3.21 | 0.0030 |
| 400-440 ms | 18 | 270 | 5.5188 | 1.5566 | 3.55 | 0.0051 |
| 440-480 ms | 18 | 270 | 4.6697 | 1.6797 | 2.78 | 0.0156 |
| 480-520 ms | 18 | 270 | 10.1229 | 1.7025 | 5.95 | 0.0001 |
| 520-560 ms | 18 | 270 | 6.6694 | 1.7569 | 3.80 | 0.0052 |
| 560-600 ms | 18 | 270 | 4.9999 | 1.6803 | 2.98 | 0.0211 |
| 600-640 ms | 18 | 270 | 3.5410 | 1.2796 | 2.77 | 0.0119 |

Abbildung 4 zeigt die topographische Verteilung der Differenzpotentiale „Pronomen - Eigenname“ für die beiden Zeitbereiche. Das Maximum des frühen Effektes liegt über frontalen (FC3, FC4 und Cz), das des zeitlich späteren Effektes über parietalen Kortexarealen (Pz, P3, P4 und Oz; siehe Anhang 1). In einer z-standardisierten Varianzanalyse wurde geprüft, ob die topographische Verteilung der beiden Effekte tatsächlich auf distinkte kortikale Quellen verweist. Die signifikante Interaktion Elektrode x Zeitfenster bestätigt die Verschiedenheit des frühen und späten Effektes (siehe Tabelle 5).

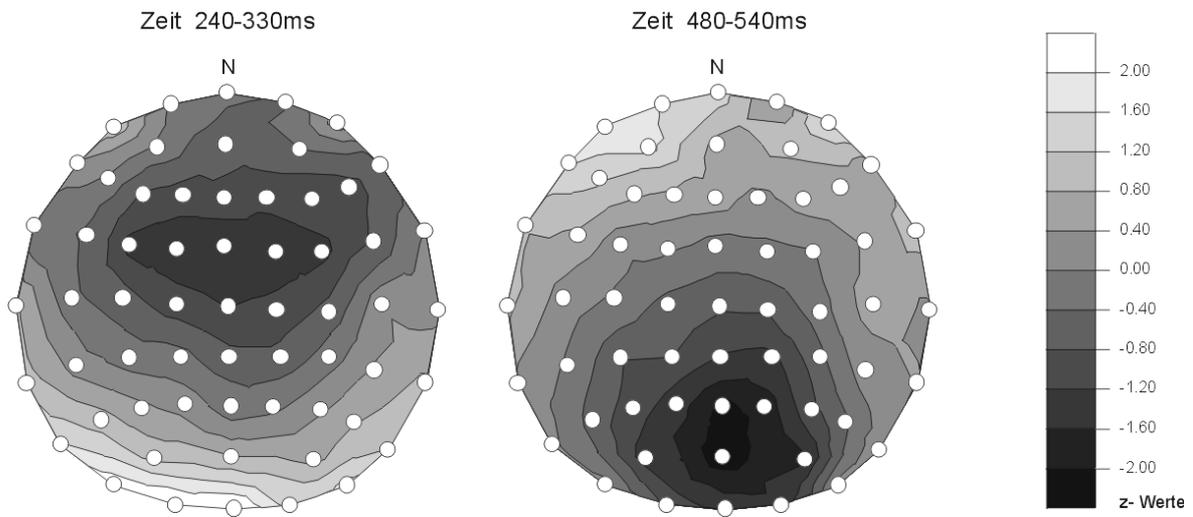


Abb. 4: Z-standardisierte Differenztopographien "Pronomen - Eigenname" für das Zeitfenster von 240 bis 330 ms (links) und das Zeitfenster von 480 bis 540 ms (rechts). Die Topographien wurden mit dem Verfahren der linearen Interpolation erstellt. Dunklere Schattierungen indizieren eine stärkere Negativierung für Pronomen.

Tabelle 5: Ergebnis der z-standardisierten Varianzanalyse der Differenz Pronomen minus Eigennamen: Zeit 200 bis 320 versus 360 bis 600 ms

| | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|-------------------------|----------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| Elektrode x Zeitfenster | 18 | 270 | 2.7885 | 0.3917 | 7.12 | 0.0003 |

Abbildung 5 zeigt den Einfluß der Distanz auf die Verarbeitung von Pronomen und Abbildung 6 den Einfluß der Distanz auf die Verarbeitung von Eigennamen. Abgetragen sind die Differenzpotentiale „s1 - s3“ und „s2 - s3“, also die Differenzen der 2- und 3-Satz Distanzen zu der 1-Satz Distanz. Die Abbildungen zeigen folgendes Muster unabhängig von der Form der Anapher: Die Anaphern, die sich auf einen Antezedenten unmittelbar im Satz vorher beziehen (s3), evozieren die geringste Negativierung. Die stärkste Negativierung wird von den Anaphern hervorgerufen, die sich auf den Antezedenten mit mittlerer Distanzposition (s2) beziehen, dazwischen liegt das Potential für Anaphern, deren Antezedenten zu Beginn der Passage (s1) stehen.

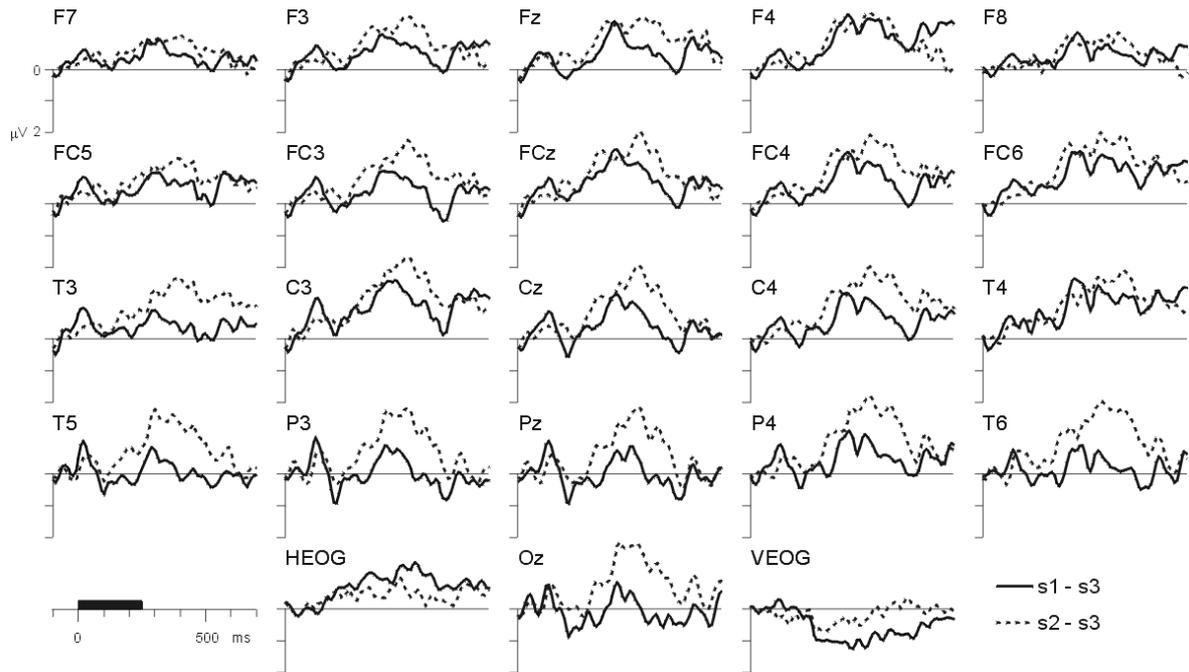


Abb. 5: Differenz-Potentiale der EKP-Antworten nach Pronomen, die auf einen 2- (s2) oder 3-Sätze (s1) entfernten Antezedenten verweisen minus der EKP-Antwort der Pronomen, die auf den nahen Antezedenten (s3) verweisen (n=16). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

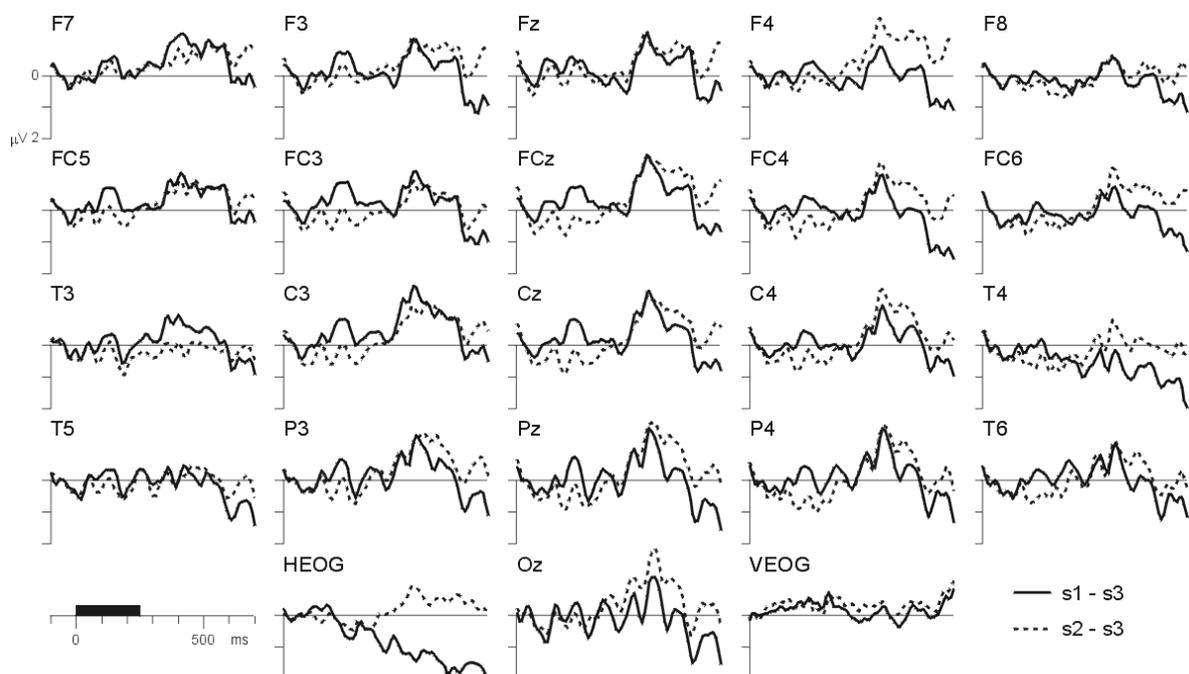


Abb. 6: Differenz-Potentiale der EKP-Antworten nach Eigennamen, die auf einen 2- (s2) oder 3-Sätze (s1) entfernten Antezedenten verweisen minus der EKP-Antwort der Eigennamen, die auf den nahen Antezedenten (s3) verweisen (n=16). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

Die statistische Analyse der Faktoren Anapher, Distanz und Elektrode liefert signifikante 3-fach Interaktionen Anapher x Distanz x Elektrode für den Zeitbereich von 360 bis 480 ms (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Signifikante Interaktion Anapher x Distanz x Elektrode

| Zeit | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|------------|----------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| 360-400 ms | 36 | 540 | 1.2615 | 0.5982 | 2.11 | 0.0182 |
| 400-440 ms | 36 | 540 | 1.4783 | 0.7396 | 2.00 | 0.0332 |
| 440-480 ms | 36 | 540 | 1.5770 | 0.8110 | 1.94 | 0.0453 |

Betrachtet man den Einfluß der Distanz getrennt für Eigennamen und Pronomen, ergibt sich folgendes Bild: Für Pronomen berechnete Einzelvergleiche zeigen, daß sich alle drei Mittelwerte (s_1 , s_2 und s_3) im Zeitfenster 360 bis 480 ms signifikant voneinander unterscheiden (siehe Tabelle 7), wobei die Amplitude für s_2 am negativsten und die für s_3 am positivsten ausfällt. Für Eigennamen liefert der Vergleich von s_1 und s_2 kein signifikantes Ergebnis, die beiden anderen Vergleiche werden (marginal) signifikant, auch hier ist die Amplitude für s_2 am negativsten, die für s_3 am positivsten.

Tabelle 7: Paarvergleiche des Faktors Distanz pro Anaphertyp

| | Zeit | Effekt | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|------------------|------------|-----------|----------------|--------|-----------------------|---------|--------|-------------------|
| | | | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| Pronomen | | | | | | | | |
| s1 vs. s2 | 360-400 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 4.1922 | 0.8004 | 5.24 | 0.0006 |
| | 400-440 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 3.2065 | 0.7944 | 4.04 | 0.0108 |
| | 440-480 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 2.8700 | 1.1395 | 2.52 | 0.0806 |
| s1 vs. s3 | 360-400 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 1.8629 | 0.6788 | 2.74 | 0.0172 |
| | 400-440 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 3.1645 | 0.7921 | 4.00 | 0.0028 |
| | 440-480 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 2.0503 | 0.7218 | 2.84 | 0.0220 |
| s2 vs. s3 | 360-400 ms | EG | 1 | 15 | 313.3467 | 23.4727 | 13.35 | 0.0024 |
| | 400-440 ms | EG | 1 | 15 | 328.6332 | 51.5083 | 6.38 | 0.0233 |
| | 440-480 ms | EG | 1 | 15 | 296.7452 | 52.8509 | 5.61 | 0.0317 |
| Eigenname | | | | | | | | |
| s1 vs. s2 | | | | | | | | n.s. |
| s1 vs. s3 | 400-440 ms | EG | 1 | 15 | 309.4250 | 94.8382 | 3.26 | 0.0910 |
| | 400-440 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 1.7790 | 0.8267 | 2.15 | 0.0834 |
| | 440-480 ms | EG | 1 | 15 | 292.4850 | 83.2931 | 3.51 | 0.0806 |
| s2 vs. s3 | 400-440 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 1.5204 | 0.6738 | 2.26 | 0.0520 |
| | 440-480 ms | Elek x EG | 18 | 270 | 1.8701 | 0.7366 | 2.54 | 0.0286 |

Die topographische Analyse zeigt für Pronomen eine breite Verteilung an frontalen, zentralen, parietalen und temporalen Elektrodenpositionen (C3, C4, Cz, Fz, P4, T4 und T6; siehe Anhang 2, 3 und 4) mit einem leicht nach rechtslateral verschobenen Maximum. Das Maximum des Effektes nach Eigennamen liegt über zentralen, parietalen und okzipitalen Kortexarealen (Cz, P3, P4, Pz und Oz; siehe Anhang 5 und 6). Die in Abbildung 7 erkennbaren leichten Unterschiede der topographischen Verteilung der Differenzen „s1 - s3“ und „s2 - s3“ für Eigennamen und Pronomen werden in einer z-standardisierten Varianzanalyse bestätigt (siehe Tabelle 8).

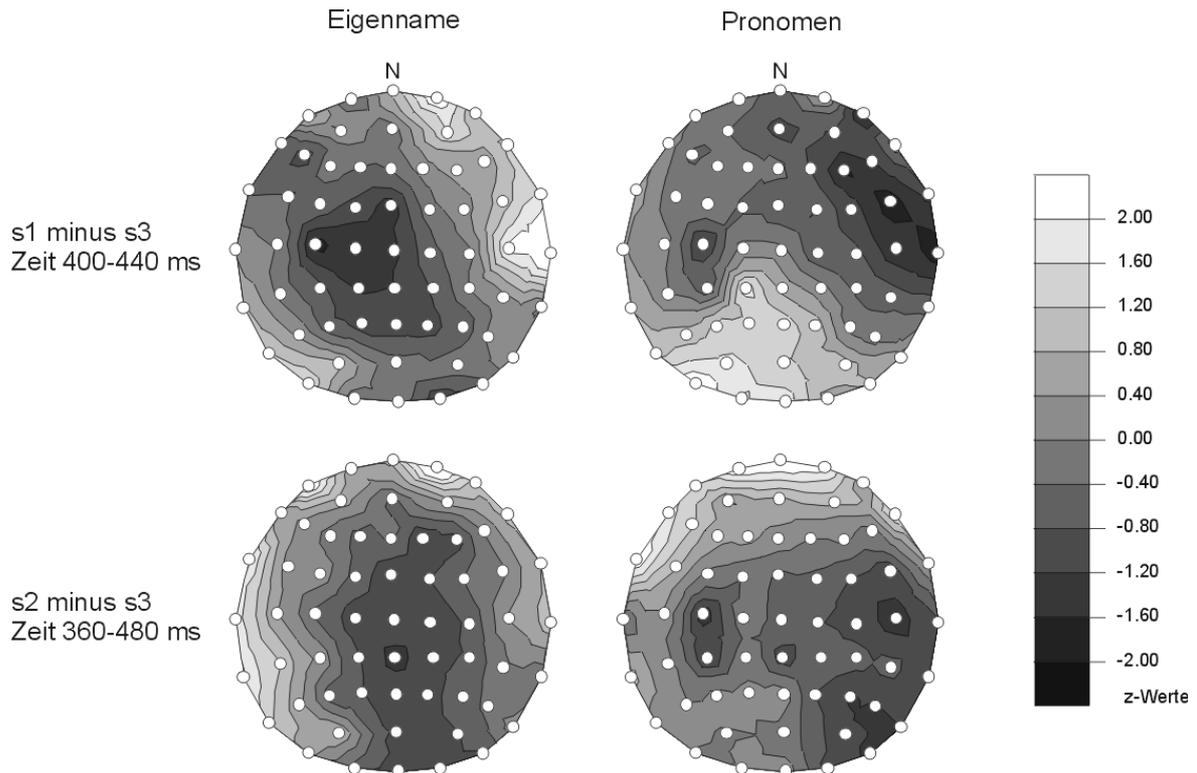


Abb. 7: Z-standardisierte Differenztopographien "s1 - s3"(oben) und "s2 - s3"(unten) für Eigennamen (links) und Pronomen (rechts). Die Topographien wurden mit dem Verfahren der linearen Interpolation für den Zeitbereich von 400 bis 480 ms bzw. 360 bis 480 ms erstellt. Eine dunklere Schattierung indiziert eine stärkere Negativierung für die größeren Distanzen (s1 und s2).

Tabelle 8: Ergebnisse der z-standardisierten Varianzanalysen der Differenzen s1 minus s3 (Zeit 400 bis 480 ms) bzw. s2 minus s3 (Zeit 360 bis 480 ms):

Pronomen versus Eigennamen

| | | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|-------|---------------------------|----------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| s1-s3 | Elektrode x Anapher | 18 | 270 | 2.6585 | 1.0980 | 2.42 | 0.0298 |
| s2-s3 | Elektrode x Anapher | 18 | 270 | 1.8975 | 0.8793 | 2.16 | 0.0613 |

5.3 *Diskussion*

5.3.1 *Verhaltensdaten*

Das Ergebnismuster der Verstehenszeit spiegelt die von Clark und Sengul (1979) beschriebenen Effekte wider. Die Zeit, die Versuchspersonen zum Verstehen eines Textes benötigen, verlängert sich mit zunehmender Distanz. Die Daten stützen das Diskontinuitätsmodell insofern, als daß sich die Reaktion nicht weiter verlangsamt, wenn es darum ging, einen Antezedenten, der drei Sätze zurücklag, im Vergleich zu einem, der nur zwei Sätze zurücklag, zu identifizieren. Ebenso wie bei Clark und Sengul ergab sich auch im vorliegenden Experiment keine Interaktion von Distanz und Anapher.

Die Antwortlatenz differenziert für große Distanzen zwischen den Formen anaphorischer Verweise, sie ist nach anaphorisch gebrauchten Eigennamen kürzer als nach Pronomen. Da die Abfrage dieser Variablen jedoch zeitlich sehr spät nach Ende der Textverarbeitung liegt, reflektiert das beobachtete Ergebnismuster möglicherweise weniger den Prozeß der referentiellen Zuweisung als die Kohärenz der Textrepräsentation. Möglicherweise ist der Abruf von Entitäten aus der globalen Repräsentation, der ja während der Beantwortung einer Frage stattfindet, bei großen Distanzen durch die Verwendung von Eigennamen erleichtert.

Die Fehlerrate bei Beantwortung der Frage zeigte keine systematische Variation in bezug auf die experimentellen Bedingungen. Trotz Unterschieden in der Geschwindigkeit der Konstruktion des Textmodells (→ Verstehenszeit) wurden die Inhalte unabhängig von der Distanz oder der Form des anaphorischen Verweises mit gleicher Wahrscheinlichkeit richtig miteinander verknüpft und erfolgreich behalten.

5.3.2 *EKP-Studie*

5.3.2.1 *Langsame Potentiale*

Die Analyse des ereigniskorrelierten Potentials über die ganze Textpassage hinweg zeigte neben den phasischen Veränderungen infolge der einzelnen Wörter der Textpassage drei interessante „langsamere“ Verlaufsmuster, (a) eine stetig ansteigende Negativierung

während der Verarbeitung der einzelnen Wörter innerhalb der vier Sätze, (b) eine starke Positivierung am Ende eines jeden Satzes und (c) eine langsam ansteigende Negativierung in Erwartung der Frage.

zu (a): Eine ähnliche langsame Potentialverschiebung während der Verarbeitung sprachlichen Materials beobachteten Van Petten und Kutas (1991). Diese zeigten, daß das Lesen von Zufallswortketten im Vergleich zum Lesen von kongruentem Satzmaterial eine langsam ansteigende Positivierung evoziert. Die Autoren interpretierten den Befund dahingehend, daß die Probanden beim Bearbeiten der Zufallsketten weniger interessiert und engagiert seien als beim Lesen des kohärenten Satzmaterials. Mit dieser Interpretation folgen sie den Ausführungen von McCallum (1988), der einen Zusammenhang annimmt zwischen einer langsamen Negativierung und einem erhöhten Erregungs-/Aktivationszustand sowie zwischen einer langsamen Positivierung und einem abgeschwächten Erregungsniveau. Dieser Effekt ist unter dem Namen *contingent negative variation* (=CNV) bekannt. Eine CNV tritt dann auf, wenn das kognitive System einen aufgabenrelevanten Reiz erwartet oder wenn es sich auf ein kommendes Ereignis vorbereitet (Hillyard, 1973; Rohrbaugh & Gaillard, 1983; Birbaumer, Elbert, Canavan & Rockstroh, 1990). Im Experiment von Van Petten und Kutas werden die einzelnen Wörter eines Satzes sukzessive verarbeitet, dabei können im Fall des kongruenten Satzes jedoch nicht während der Bearbeitung der inkongruenten Sätze Erwartungen bezüglich des als nächstes auftretenden Wortes gebildet werden.

Auch für die in diesem Experiment auftretenden langsam ansteigenden Negativierungen innerhalb der einzelnen Sätze, kann eine ähnliche Erklärung angenommen werden. Während der Verarbeitung eines Satzes bereitet sich das System auf das jeweils nächste Wort bzw. auf das Satzende vor, und sobald das „Ziel“ erreicht ist, mündet die CNV in eine parietale Positivierung.

zu (b): Breitverteilte Positivierungen mit parietalem Maximum nach dem Ende eines Satzes wurden häufig beschrieben (Friedman, Simson, Ritter & Rapin, 1975; Kutas & Hillyard, 1980a; 1980b; 1982; Van Petten & Kutas, 1991; Steinhauer, Alter & Friederici, 1999). Steinhauer, Alter und Friederici (1999) vermuten, daß der sogenannte *closure positive shift* (CPS) mit Prozessen, die der Strukturierung der mentalen Repräsentation und der Vorbereitung weiteren Inputs dienen, assoziiert ist. Van Petten und Kutas (1991) konnten zeigen, daß nach Zufallssätzen keine Positivierung auftritt, was die Sichtweise unterstützt, daß während des CPS eine semantische Einheit komplettiert wird.

zu (c): Die langsam ansteigende Negativierung in Erwartung der Frage entspricht dem, was aus der Literatur als CNV bekannt ist. In Anlehnung an die Experimente von Heil, Rösler und Hennighausen (1996) sowie Rösler, Heil und Hennighausen (1995) wäre zu erwarten, daß die Stärke der Negativierung mit der Aufgabenschwierigkeit variiert. Es deutet sich die Tendenz an, daß die Negativierung nach Sätzen mit Eigennamen stärker zu sein scheint als nach Sätzen mit Pronomen, doch ist dieser Effekt nicht signifikant.

5.3.2.2 *Phasische Potentiale*

Die Verarbeitung unterschiedlicher *Anaphertypen* lieferte zwei EKP-Effekte: nach Pronomen folgt im Vergleich zu Eigennamen eine relativ stärkere Negativierung in einem frühen Zeitfenster (200 bis 320 ms) über frontalen Arealen und zu einem späteren Zeitpunkt (360 bis 640 ms) über parietalen Arealen. Wie in Kapitel 4 kurz erörtert, gehören Eigennamen und Pronomen zwei verschiedenen Wortklassen an, die auch im EKP distinkte Effekte evozieren. Die hier beobachteten Unterschiede zwischen den Wortklassen stimmen jedoch nur zum Teil mit den aus der Literatur bekannten Ergebnissen überein:

Der erste frühe Effekt, die linksfrontale Negativierung ist sehr ähnlich zu der von Neville, Mills und Lawson (1992) beobachteten „N280“. Neville et al. (1992; siehe auch Van Petten & Kutas, 1991; Brown, Hagoort & ter Keurs, 1999) gaben ihren Probanden Sätze zur semantischen Beurteilung vor. Anschließend werteten sie das EKP getrennt nach Wortklasse aus. Die Autoren fanden, daß Funktionswörter im Gegensatz zu Inhaltswörtern eine relativ frühe (N280) sowie eine spätere (N400-700) Negativierung über dem linksfrontalen Kortex hervorrufen. Neville et al. beurteilen erstere als einen von Worthäufigkeit und Wortlänge unbeeinflussten „reinen“ Wortklasseneffekt, der den automatischen und schnellen Zugriff auf Wörter der geschlossenen Klasse reflektiert. Die linksanteriore Verteilung, so die Autoren, scheint kompatibel zu klinischen Studien, die nach Verletzungen in diesen Gehirnarealen ein Defizit im Verständnis und der Produktion syntaktischer Elemente dokumentieren. Möglicherweise indiziert dieser frühe Effekt die Aktivierung der Prozesse, die zur Identifikation von Funktionswörtern notwendig sind. Inwiefern die bei syntaktischen Verletzungen beobachteten linksanterioren Negativierungen (siehe Kapitel 3.2.2.2) mit der hier beobachteten „N280“ zusammenhängen, ist noch unklar. Neville et al. vermuten, daß das gleiche System aktiv ist, welches in beiden Fällen für „Parsingprozesse“ sensitiv zu sein scheint. Allerdings

treten die nach syntaktischen Verletzungen beobachtbaren LANs zeitlich später auf (ca. ab 300 ms nach Reizbeginn) und können nicht nur von Funktionswörtern, sondern auch von Inhaltswörtern ausgelöst werden.

Die zeitlich spätere parietale Negativierung ähnelt aufgrund des zeitlichen Verlaufs und der topographischen Verteilung einem N400-Effekt. Doch im Gegensatz zu den Befunden aus der Literatur - Van Petten und Kutas (1991) berichten eine für Inhaltswörter stärkere Negativierung - ist die N400 im vorliegenden Experiment für Funktionswörter negativer als für Inhaltswörter. Die N400-Amplitude wird jedoch u. a. von der Worthäufigkeit moduliert, wobei die wiederholte Darbietung eines Inhaltswortes (nicht die eines Funktionswortes) - unabhängig davon ob es in einer Wortliste oder in einem Text präsentiert wurde - eine kleinere N400-Amplitude auslöst als dessen erste Darbietung (Rugg, 1985; 1987; 1990; Rugg & Nagy, 1987; Nagy & Rugg, 1989; Karayanadis, Andrews, Ward & McConaghy, 1991; Van Petten, Kutas, Kluender, Mitchiner & McIsaac, 1991; Besson, Kutas & Van Petten, 1992). Im vorliegenden Experiment ist der anaphorische Verweis in Form des Eigennamens eine wiederholte Darbietung des Antezedenten. Dies könnte die N400-Amplitude in dem Ausmaß reduzieren, daß sie (noch) kleiner ausfällt als die für Funktionswörter, in diesem Fall die Pronomen. Eine Überprüfung dieser Annahme erfolgt in Experiment 3 dieser Arbeit.

Die Manipulation der *Distanz* wirkt sich sowohl auf die Verarbeitung von Pronomen als auch auf die Verarbeitung von Eigennamen aus. Im Zeitbereich von 360 bis 480 ms folgt auf Pronomen und etwa 40 ms später von 400 bis 480 ms auf Eigennamen eine für große Distanzen (s1 und s2) stärkere Negativierung. Die zeitliche und topographische Verteilung der ereigniskorrelierten Reaktion ähnelt der eines N400-Effektes. Allerdings ist die topographische Verteilung des Nettoeffektes der Differenzen s1 minus s3 und s2 minus s3 nach Pronomen stärker rechtslateralisiert als nach Eigennamen. Aus diesem Ergebnis läßt sich ableiten, daß die „Verknüpfung“ einer Anapher mit dem zugehörigen Antezedenten innerhalb des semantischen Netzwerkes (N400) stattfindet.

Sowohl Pronomen als auch Eigennamen präferieren als Antezedenten das Subjekt des unmittelbar vorangehenden Satzes. Kommt dieses aufgrund seines Genus nicht in Frage, dann werden die Entitäten des ersten und zweiten Satzes der kurzen Textpassage überprüft. Für Pronomen differenziert die EKP-Antwort zusätzlich zwischen den großen Distanzen. Verweist das Pronomen auf den Antezedenten des ersten Satzes, so wird eine signifikant geringere Negativierung ausgelöst als für die mittlere Distanz. Dieses

Ergebnismuster steht im Gegensatz zu den Verhaltensdaten, die lediglich eine Differenzierung für die Ein-Satz-Distanz versus die längeren Distanzen anzeigen. Möglicherweise erweist sich das EKP hier als das sensitivere Maß, das den Zugriff auf die mentale Textrepräsentation genauer abzubilden vermag.

Das Ergebnismuster kann wie folgt interpretiert werden: Befindet sich der Antezedent einer Anapher nicht unter den zur Zeit aktivierten Konzepten, dann findet eine Suche im Gedächtnis statt. Dabei initiiert die Anapher eine Aktivierungsausbreitung (~N400) vom zur Zeit aktiven Konzept hin zu Konzepten, die vorher erwähnt wurden. Diese Aktivierungsausbreitung dauert so lange an, bis ein potentieller Antezedent detektiert wurde. Dabei werden die Antezedenten, die nah zur Anapher stehen schneller aktiviert als entfernte Antezedenten. Eine Ausnahme stellt die zuerst erwähnte Entität eines kurzen Textes dar. Da auf der Grundlage des jeweils ersten Satzes das Fundament der mentalen Textrepräsentation erstellt wird, nimmt das Subjekt des ersten Satzes eine zentrale Position (Fokus) innerhalb der Repräsentation ein (Gernsbacher, 1990). Möglicherweise spiegelt sich hier die für Pronomen im Gegensatz zu Eigennamen größere Empfindlichkeit im Hinblick auf den Einfluß von Fokusaspekten wider (Hudson, Tanenhaus & Dell, 1986).

Die in diesem Experiment beobachtbare N400-Modulation in Abhängigkeit des Faktors Distanz, zeigt, daß zumindest eine Subgruppe der Funktionswörter, die Pronomen, die mit der N400 verknüpften Prozesse der semantischen Analyse durchlaufen. Dieser Befund steht im Widerspruch zu bisher bekannten Ergebnissen zur Verarbeitung von Funktionswörtern. Kutas und Van Petten (1994) hatten in einer Studie den Einfluß der Satzposition von Wörtern auf die N400 untersucht und keine Korrelation für Funktionswörter beobachtet. Sie folgerten daher, daß sich die kontextuelle Bahnung von Funktionswörtern möglicherweise nicht über einen Satz hinweg entwickelt, sondern lokal an eine Phrase gebunden auftritt. Diese These wird durch die vorliegenden Ergebnisse in Frage gestellt, denn zumindest für Pronomen muß angenommen werden, daß eine auch über Satzgrenzen hinweggehende kontextuelle Bahnung möglich ist. Unter Umständen stellen die Pronomen ein Subset innerhalb der Gruppe der Funktionswörter dar, welche im Gegensatz zu z. B. Konjunktionen oder Präpositionen durch ihre besonders hohe Ähnlichkeit zu den Inhaltswörtern hinsichtlich der kontextuellen Bahnung, dem Grad der Abstraktheit, der referentiellen Funktion und der gegebenen Flexionsmöglichkeiten auch eine semantische Analyse erfordert.

Zusammenfassung: Der Vergleich von Inhalts- und Funktionswörtern in identischen Satzpositionen, hier operationalisiert durch den Vergleich von Pronomen und Eigennamen, bestätigt die für Funktionswörter auch von anderen Autoren beobachtete stärkere frühe linksanteriore Negativierung. Hierbei könnte es sich um ein spezifisches Zeichen für die syntaktische Valenz der Funktionswörter handeln. Weiterhin wurde für Pronomen im Vergleich zu Eigennamen eine stärkere N400 beobachtet. Inwiefern dieser Effekt lediglich auf einen Wortwiederholungseffekt zurückzuführen ist, wird Experiment 3 zeigen.

Der Vergleich des EKPs nach unterschiedlich großen Antezedent-Anapher-Distanzen zeigt, daß das ereigniskorrelierte Potential sensitiv auf Prozesse der anaphorischen Auflösung reagiert. Der Integrationsprozeß der Anapher spiegelt sich in einem N400-ähnlichen Effekt wider: Die Amplitude ist für die großen Distanzen negativer als für sehr kurze. Der Effekt kann sowohl nach Eigennamen als auch nach Pronomen beobachtet werden. Ausprägung und zeitlicher Verlauf des Distanzeffektes ist bei der Verarbeitung von Pronomen und Eigennamen nahezu identisch. Unterschiede bestehen allerdings in der Topographie: das Maximum ist nach Pronomen signifikant stärker nach rechts lateralisiert.

6 Experiment 2: EKP-Effekte in parallelen und nicht-parallelen Diskursstrukturen

In dieser Studie ging es darum zu überprüfen, inwiefern sich Variationen der Syntaxbeziehung zwischen Anapher und Antezedent auf das EKP auswirken (siehe Streb, Rösler & Hennighausen, 1999). Experiment 1 zeigte, daß sich der pronominale Verweis auf unterschiedlich weit zurückliegende Antezedenten in der N400-Amplitude abbildet. Dies könnte darauf verweisen, daß die Auflösung der Anapher Suchprozesse im semantischen Netzwerk auslöst. Es stellt sich die Frage, ob auch dann eine N400 ausgelöst wird, wenn der Leser sich zur Integration der Anapher nicht an thematischen Rollen (Fokus etc.) orientiert, sondern an grammatischen Hinweisreizen, wie es von der Strategie paralleler Rollen vorhergesagt wird. Die ersten Untersuchungen zum Einfluß struktureller Parallelität auf die Auflösung anaphorischer Verweise wurden von Sheldon (1974), Garvey, Caramazza und Yates (1976) sowie Grober, Beardsley und Caramazza (1978) durchgeführt. Ein Großteil der Arbeiten zur Theorie paralleler Rollen erfolgte in Abgrenzung zur Zentrierungstheorie (siehe dazu Crawley, Stevenson & Kleinman, 1990; Smyth, 1994; Gordon & Searce, 1995; Stevenson, Nelson & Stenning, 1995). Die Zentrierungstheorie (Grosh, Joshi & Weinstein, 1995) beschreibt die Verteilung referentieller Verweise in einem Text. Sie postuliert, daß bestimmte strukturelle Positionen, wie zum Beispiel das Subjekt oder die erste Position im Satz, häufig für die Entitäten reserviert sind, die im momentanen Diskurs bereits etabliert und salient sind (Halliday, 1967; Gernsbacher & Hargreaves, 1988). Diese linguistischen Hinweisreize werden benutzt, um die Identifikation semantischer Verbindungen von Satzteilen zu erleichtern und auf diese Weise den Diskurs kohärent erscheinen zu lassen. Daß die Zentrierungstheorie nicht alle während der Verarbeitung anaphorischer Verweise auftretenden Phänomene erklären kann, zeigen folgende Beispielsätze:

(41) *Josh criticized Paul and then he insulted Marie. (he = Josh)*

(42) *Josh criticized Paul and then Marie insulted him. (him = Paul)*

In den Sätzen (41) und (42) wird der Antezedent der Pronomen „*he/him*“ bevorzugt in der gleichen grammatischen Position gesucht, d.h. ein Pronomen in Subjektposition wird mit der vorausgehenden Subjekt-Nominalphrase verknüpft und ein Pronomen in

Objektposition mit der vorangehenden Objekt-Nominalphrase. Jede Abweichung von der erwarteten parallelen grammatischen Verbindung zwischen Anapher und Antezedent bedeutet einen Mehraufwand für das System, da ein anderer passender Antezedent gesucht und ausgewählt werden muß. Dieser Effekt „paralleler Rollen“ ist relevant für die Untersuchung von anaphorischen Verweisen, da er nahelegt, daß die Verfügbarkeit eines speziellen Antezedenten auch durch strukturelle Eigenschaften des Diskurses eingeschränkt werden kann und nicht nur durch die Reihenfolge des Auftretens im Text. Entsprechend der Strategie paralleler Rollen kann die Suche nach dem passenden Antezedenten erst dann erfolgen, wenn die grammatische Rolle der Anapher im Satz bekannt ist. Die Zentrierungstheorie, die davon ausgeht, daß als mögliche Antezedenten bestimmte Satzpositionen präferiert werden, kann den Effekt paralleler Rollen also nicht erklären.

In Experiment 2 wurde geprüft, wie sich die Verarbeitung von Anaphern in parallelen und nicht-parallelen Satzstrukturen im EKP abbildet. Einerseits könnte man erwarten, daß wiederum nur eine Modulation des N400-Effektes eintritt: Nicht-parallele Strukturen erfordern möglicherweise eine intensivere Suche nach dem Antezedenten im semantischen Netzwerk. Es könnte jedoch auch sein, daß hier ein zusätzlicher Effekt auftritt. Angenommen das System versucht, Anaphern zunächst immer auf syntaktisch parallele Antezedenten zu beziehen, dann könnte eine nicht-parallele Anapher nicht unmittelbar aufgelöst werden. Dies könnte mit einem zusätzlichen syntaktischen Analyseschritt einhergehen und würde sich dann in einer linksanterioreen Negativierung (LAN) manifestieren. Die Situation ist, wenn auch nicht direkt vergleichbar, ähnlich zu der, die von Rösler, Pechmann, Streb, Röder und Hennighausen (1998) untersucht wurde. Rösler et al. fanden eine LAN, wenn eine Nominalphrase nicht an der für das Deutsche präferierten Position stand (siehe Kapitel 3.2.2.1), d. h. wenn ein bestimmtes kanonisches Syntaxschema verletzt war.

Wie in Experiment 1 wurde neben der Diskursstruktur (hier die Parallelität) auch der Anaphertyp manipuliert. Der anaphorische Verweis war dabei wiederum entweder der wiederholte Eigenname des im vorangehenden Satz eingeführten Antezedenten oder das entsprechende Pronomen.

6.1 Methode

6.1.1 Versuchspersonen

An der dem EEG-Experiment vorangestellten Reaktionszeitstudie nahmen insgesamt 17 Versuchspersonen teil. Acht dieser Probanden waren weiblich, und die Altersspanne lag zwischen 21 und 38 Jahren bei einem Durchschnittsalter von 26 Jahren. Insgesamt 20 Probanden durchliefen die EKP-Studie, wobei jedoch aufgrund von Artefakten bei der Aufzeichnung des EEGs die Daten von 4 Versuchspersonen nicht ausgewertet werden konnten. 10 Probanden dieser reduzierten Stichprobe waren weiblichen Geschlechts, das Durchschnittsalter betrug 23 Jahre (min. = 20, max. = 32). Alle Probanden waren nach eigener Aussage Rechtshänder und muttersprachlich deutsch aufgewachsen. Sie wurden für ihre Teilnahme finanziell oder mit entsprechenden Versuchspersonenstunden entlohnt.

6.1.2 Material

400 semantisch unterschiedliche Textpassagen (=Trials) wurden konstruiert. Ein Trial bestand aus zwei Sätzen und einer Frage, die mit Ja oder Nein beantwortet werden konnte. Im ersten Satz wurden zwei Antezedenten unterschiedlichen Geschlechts mit einem Eigennamen eingeführt, der zweite Satz enthält eine anaphorische Referenz auf einen dieser beiden Charaktere entweder durch Wiederholung des Eigennamens oder durch das entsprechende Pronomen.

Der erste Satz jedes Trials entsprach dem Schema „Eigennamen - Verb - Eigennamen - Verbergänzung“, wobei die Verbergänzung stets aus drei Wörtern bestand. Der zweite Satz wurde je nach experimenteller Bedingung unterschiedlich konstruiert: Sätze mit einer Anapher in Subjektposition folgten dem Muster „Adverb - Hilfsverb - Anapher - Nominalphrase - Verbergänzung - Verb“, und Sätze mit einer Anapher in Objektposition wurden folgendermaßen konstruiert „Adverb - Hilfsverb - Nominalphrase - Anapher - Verbergänzung - Verb“. Nominalphrase und Verbergänzung waren jeweils aus zwei Wörtern zusammengesetzt.

Durch die systematische Manipulation der Faktoren Parallelität (parallele vs. nicht-parallele Diskursstrukturen) und Form der Anapher (Pronomen vs. Eigennamen) wurden vier Bedingungen à 100 Trials gebildet.

Beispielsätze (der Antezedent ist unterstrichen und die Anapher fett dargestellt):

Parallel/Eigenname

(1a) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat **Peter** dem Arzt eine Frage gestellt.

oder

(1b) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat die Schwester **Julia** eine Spritze gegeben.

Parallel/Pronomen

(2a) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat **er** dem Arzt eine Frage gestellt.

oder

(2b) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat die Schwester **ihr** eine Spritze gegeben.

Nicht-Parallel/Eigenname

(3a) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat die Schwester **Peter** das Zimmer gezeigt.

oder

(3b) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat **Julia** dem Arzt den Besuch vorgestellt.

Nicht-Parallel/Pronomen

(4a) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat die Schwester **ihm** das Zimmer gezeigt.

oder

(4b) Peter besucht Julia in der Klinik. Dort hat **sie** dem Arzt den Besuch vorgestellt.

Die Variation der grammatischen Rolle von Antezedent und Anapher ermöglichte es, jeweils zwei Versionen paralleler und nicht-paralleler Strukturen zu bilden. Aus diesem Grund beinhaltet jeder experimentelle Level zwei Beispielsätze, z. B. wurde die Bedingung „Parallel/Eigenname“ durch 50 Trials realisiert, in denen sich Antezedent und Anapher in Subjektposition befanden (siehe Beispiel 1a) und durch weitere 50 Trials, in denen sich Antezedent und Anapher in Objektposition (siehe Beispiel 1b) befanden. Die Bedingung „Nicht-Parallel/Pronomen“ wurde andererseits durch 50 Trials realisiert, in denen der Antezedent in Subjektposition und die Anapher in Objektposition war (siehe Beispiel 4a) und durch weitere 50 Trials, in denen die Rollen vertauscht waren (siehe Beispiel 4b). Trials der Bedingungen 2 und 3 wurden auf gleiche Weise erstellt. Durch die Mittelung

über beide Subbedingungen (Xa) und (Xb) ist garantiert, daß mögliche konfundierende Variablen zwischen allen Bedingungen ausbalanciert werden. Auf diese Weise wird die durchschnittliche Anzahl intervenierender Wörter zwischen Antezedent und Anapher kontrolliert, sie ist entweder in beiden Sätzen exakt 7 oder 9 und 5. Weiterhin steht die Anapher im zweiten Satz jeweils gleichhäufig an dritter und an fünfter Position und schließlich ist die Anapher einmal in Subjekt- und einmal in Objektposition. Effekte zwischen den Bedingungen können also nicht auf einen unterschiedlichen Abstand zwischen Anapher und Antezedent oder auf eine unterschiedliche Satzposition der Anapher zurückgeführt werden.

Die 400 Passagen beschrieben 200 verschiedene Szenarios. Pro Versuchsperson wurde jedes Szenario (z. B. Krankenhaus/Besuch) einmal wiederholt. Die zweite Darbietung enthielt andere Eigennamen als die erste und war einer anderen experimentellen Bedingungen zugeordnet. Die Kombination von Szenario und experimenteller Bedingung wurde systematisch über die Versuchspersonen entsprechend einem lateinischen Quadrat variiert. Alle Sätze waren grammatisch korrekt, bedeutsam und neutral im Inhalt, so daß keine absurden oder unüblichen Assoziationen geweckt wurden. Jeder Satz wurde mit einer Ja-/Nein-Frage kombiniert, die sich inhaltlich auf den ersten oder zweiten Satz bezog (z. B. Wird Julia besucht?). Ja- und Nein-Antworten wurden gleich häufig verlangt. Da die Fragen unvorhersehbar waren, mußte die Versuchsperson jeweils beide Sätze verstehen und behalten, um zu einer korrekten Antwort zu gelangen.

6.1.3 Versuchsablauf

Der Versuchsablauf entsprach dem von Experiment 1.

6.1.4 EEG-Aufzeichnung

Die Aufzeichnung des EEGs erfolgte analog zu Experiment 1.

6.1.5 Auswertung

Zur Auswertung der Vorstudie wurden die Fehlerrate und die mittleren Reaktionszeiten (Verstehenszeit und Antwortlatenz) für die experimentellen Bedingungen Parallelität und Anapher bestimmt und varianzanalytisch überprüft. Für die statistische Analyse des EEG-Experimentes wurden folgende 18 Elektrodenpositionen selektiert: frontal (F7, F3, Fz, F4,

F8, FC3, FC4), zentral (C3, Cz, C4), temporal (T3, T5, T4, T6), parietal (P3, Pz, P4), und okzipital (Oz). Die Analysen wurden zum einen für die kritischen Wörter, die Anaphern, durchgeführt als auch - zur Testung langsamer Veränderungen - über die gesamte Passage hinweg: Zur Auswertung des EKPs auf einzelne Wörter hin wurden die mittleren Amplitudenwerte für 24 aufeinanderfolgende Zeitintervalle von 30 ms Länge vom Beginn der Präsentation des interessierenden Wortes an bis 720 ms danach bestimmt. Um den Einfluß des einzelnen Wortes zu isolieren, diente als Baseline die Durchschnittsamplitude 100 ms vor Reizbeginn. Zur Auswertung des EKPs der ganzen Passage wurden die mittleren Amplitudenwerte für 11 aufeinanderfolgende Zeitintervalle von 1 sec Länge vom Beginn der Textpräsentation an bis 11 sec danach bestimmt. Als Baseline diente die Durchschnittsamplitude 1 sec vor Reizbeginn. Die berechneten Varianzanalysen mit den Meßwiederholungsfaktoren Anapher, Parallelität und Elektrode wurden wie unter Punkt 5.2.5 beschrieben ausgeführt und interpretiert.

6.2 Ergebnisse

6.2.1 Verhaltensdaten

Tabelle 9 enthält die Verstehenszeit, die Antwortlatenz und die Fehlerquote getrennt nach den experimentellen Bedingungen Parallelität und Anaphertyp. Die Varianzanalyse der abhängigen Variablen Verstehenszeit liefert kein signifikantes Ergebnis [Haupteffekt Parallelität: $F(1,14)=1.22$, $p=0.2878$; Haupteffekt Anapher: $F(1,14)=0.18$, $p=0.6747$; Interaktion Anapher x Parallelität: $F(1,14)=0.71$, $p=0.4126$], die statistische Analyse der Variablen Antwortlatenz und Fehlerquote zeigt jeweils einen signifikanten Haupteffekt Parallelität [Antwortlatenz: $F(1,14)=4.71$, $p=0.0478$; Fehlerquote: $F(1,14)=5.18$, $p=0.0392$]. Nach nicht-parallelen Strukturen benötigen die Probanden offensichtlich mehr Zeit zur Beantwortung der Frage und machen signifikant mehr Fehler als nach parallelen Konstruktionen. Dieser Effekt tritt unabhängig vom Typ des anaphorischen Verweises auf.

Tabelle 9: Verstehenszeit, Antwortlatenz und Fehlerquote (Standardabweichungen in Klammern)

| | | Verstehenszeit (in ms) | Antwortlatenz (in ms) | Fehlerquote (in %) |
|----------------|-----------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|
| parallel | Eigenname | 1101 (952) | 1457 (407) | 1,04 (3,4) |
| | Pronomen | 1125 (1023) | 1460 (384) | 1,08 (3,4) |
| nicht-parallel | Eigenname | 1138 (1054) | 1482 (398) | 1,20 (3,6) |
| | Pronomen | 1139 (1032) | 1478 (402) | 1,27 (3,8) |

6.2.2 EKP-Studie

6.2.2.1 *Langsame Potentiale*

Der Verlauf des EKPs getrennt für Eigennamen und Pronomen sowie je nach Satzposition des anaphorischen Verweises (Subjekt versus Objekt) über den gesamten Trial hinweg kann Abbildung 8 entnommen werden. Deutlich zu erkennen sind die phasischen Potentiale für jedes Wort sowie eine starke Positivierung nach dem jeweils letzten Wort der beiden Sätze und eine langsam ansteigende Negativierung in Erwartung der Frage. Die Negativierung scheint nach Eigennamen stärker ausgeprägt zu sein als nach Pronomen. Eine Varianzanalyse liefert einen signifikanten Haupteffekt Anapher in der Zeit von 7 bis 10 sec nach Beginn der Trial darbietung (Tabelle 10). In Abbildung 8 ist allerdings zu erkennen, daß die für Eigennamen stärkere Negativierung bereits unmittelbar nach der Darbietung der Anapher beginnt, also für Eigennamen in Subjektpositionen bei Sekunde 4,5 und bei Eigennamen in Objektposition bei Sekunde 5,5.

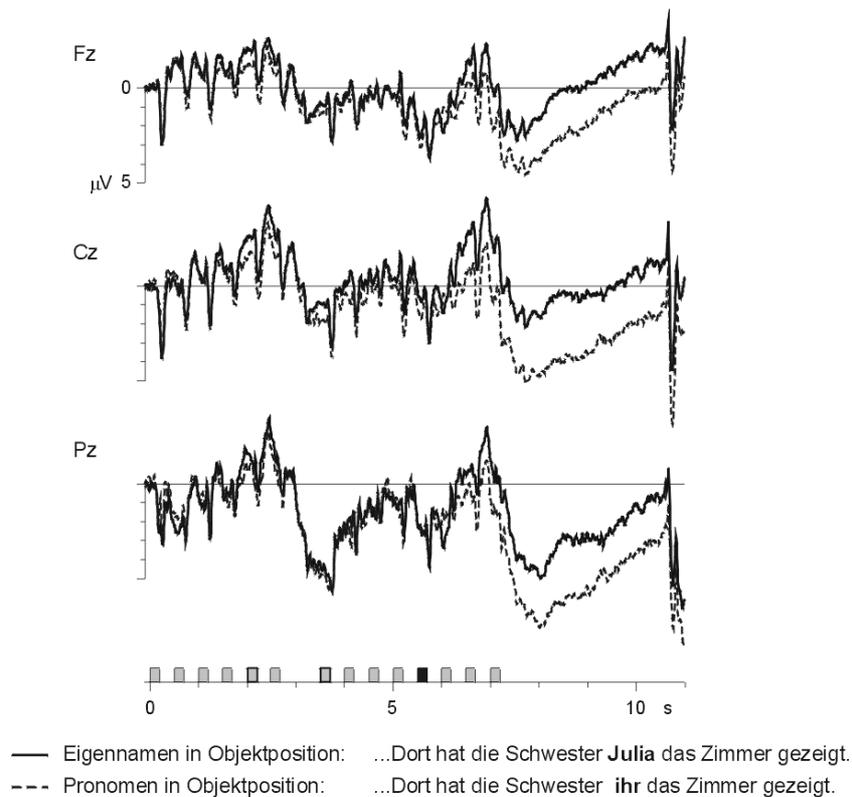
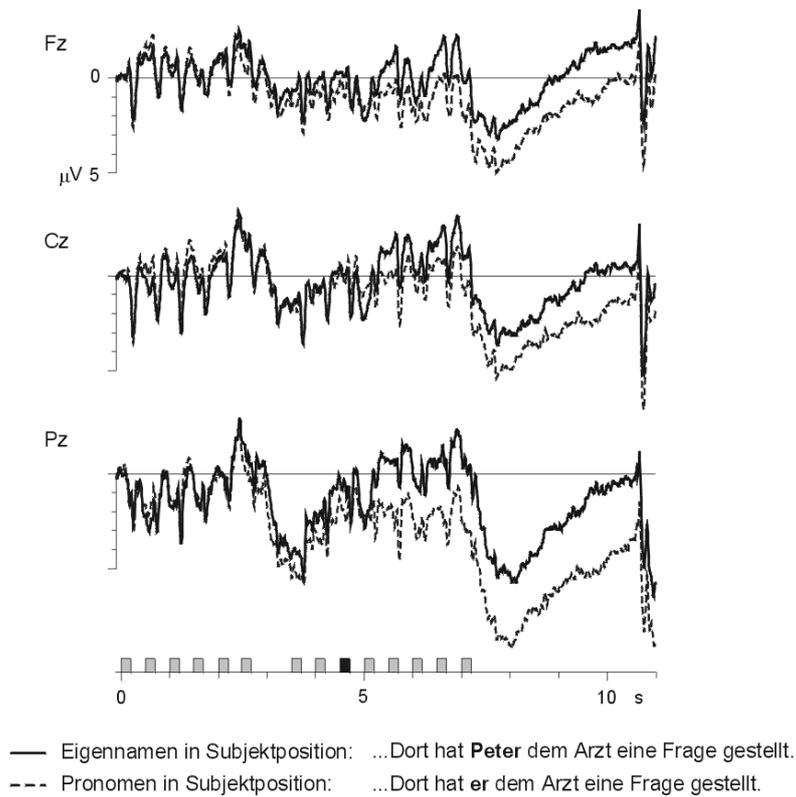


Abb. 8: EK-Potential des ganzen Trials getrennt für Eigennamen und Pronomen, sowie die Position der Anapher im zweiten Satz gemittelt über parallele und nicht-parallele Konstruktionen ($n=16$). Abgebildet sind die drei mittleren Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn des Trials bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

Tabelle 10: Signifikanter Haupteffekt Anapher

| Zeit | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz |
|--------|----------------|--------|-----------------------|----------|--------|-------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| 7-8 s | 1 | 15 | 1355.5557 | 223.9792 | 6.05 | 0.0265 |
| 8-9 s | 1 | 15 | 1701.5590 | 229.7799 | 7.41 | 0.0158 |
| 9-10 s | 1 | 15 | 1287.3266 | 222.7256 | 5.78 | 0.0296 |

6.2.2.2 Phasische Potentiale

Den gemittelten Zeitverlauf eines phasischen EKP-Effektes während der Verarbeitung von Eigennamen und Pronomen zeigt Abbildung 9.

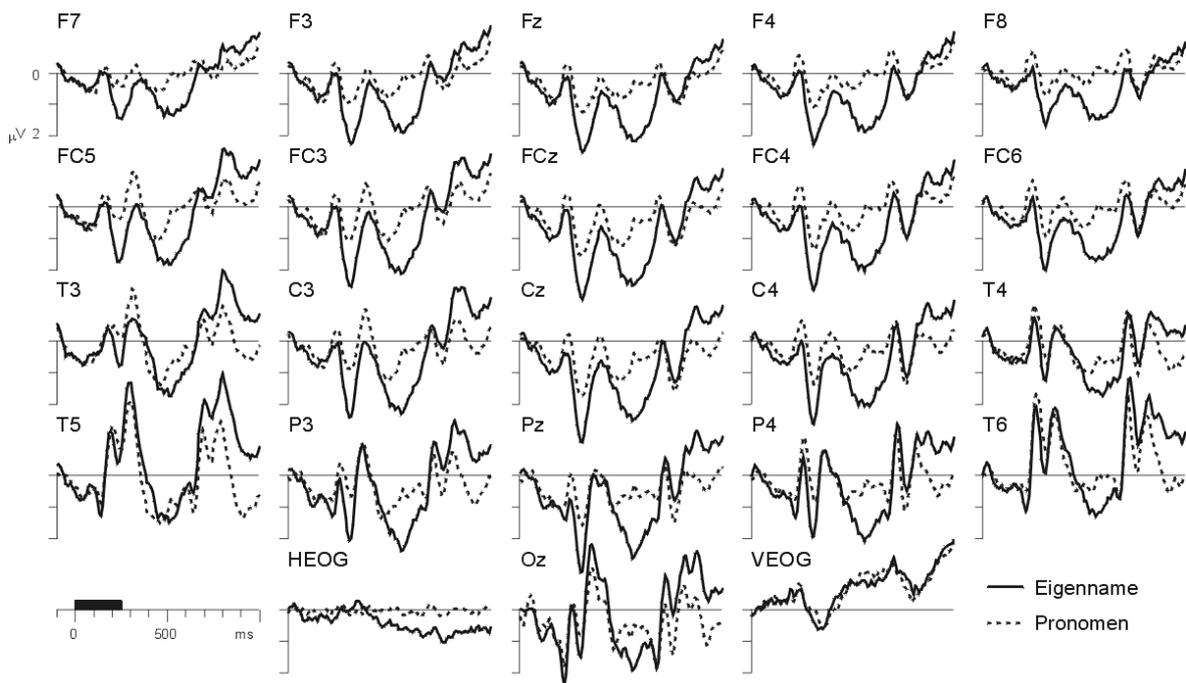


Abb. 9: EK-Potentiale nach Eigennamen und Pronomen (n=16). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

Ähnlich wie in Studie 1 sind auch hier zwei Effekte zu erkennen: In einem frühen Zeitfenster (Haupteffekt Anapher: 180 bis 270 ms; Interaktion Anapher x Elektrode: 240 bis 420) lösen Pronomen im Vergleich zu Eigennamen eine relativ stärkere Negativierung aus (siehe Tabellen 11 und 12). Der Effekt ist - wie untergeordnete Varianzanalysen zeigen

- an frontalen Elektroden besonders stark ausgeprägt (F3, F4, F7, F8, FC3, FC4 und Fz; siehe Anhang 7).

Der zweite Effekt besteht in einer relativ stärkeren Negativierung für Pronomen im Vergleich zu Eigennamen im Zeitfenster von 480 bis 600 ms. Die Varianzanalyse liefert einen signifikanten Haupteffekt Anapher im Zeitfenster von 510 bis 600 ms (siehe Tabelle 11) und eine signifikante Interaktion Anapher x Elektrode im Zeitfenster von 480 bis 600 ms (siehe Tabelle 12). Die späte Negativierung hat eine breite Verteilung an frontalen, zentralen und parietalen Elektrodenpositionen (siehe Anhang 7).

Ein z-standardisierter Vergleich der topographischen Verteilungen des frühen und späten Effektes wird jedoch nur marginal signifikant (Tabelle 13; siehe Abbildung 10).

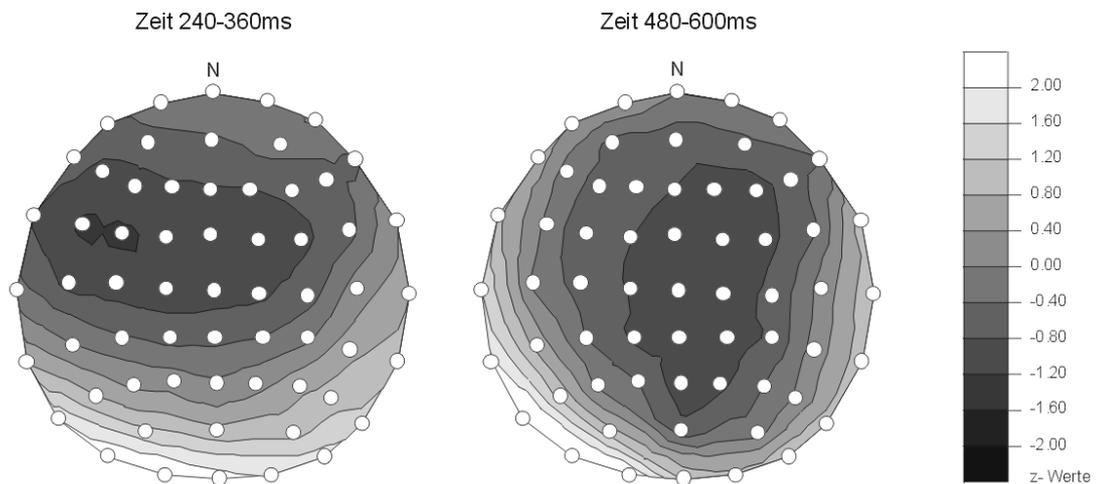


Abb. 10: Z-standardisierte Differenztopographien "Pronomen - Eigennamen" für das Zeitfenster von 240 bis 360 ms (links) und das Zeitfenster von 480 bis 600 ms (rechts). Die Topographien wurden mit dem Verfahren der linearen Interpolation erstellt. Dunklere Schattierungen indizieren eine stärkere Negativierung für Pronomen.

Tabelle 11: Signifikanter Haupteffekt Anapher

| Zeit | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz |
|------------|----------------|--------|-----------------------|---------|--------|-------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| 180-210 ms | 1 | 15 | 125.1955 | 23.6206 | 5.30 | 0.0361 |
| 210-240 ms | 1 | 15 | 322.8870 | 17.3460 | 18.61 | 0.0006 |
| 240-270 ms | 1 | 15 | 194.8256 | 29.0498 | 6.71 | 0.0205 |
| 510-540 ms | 1 | 15 | 720.9000 | 66.3950 | 10.86 | 0.0049 |
| 540-570 ms | 1 | 15 | 502.0620 | 69.2324 | 7.25 | 0.0167 |
| 570-600 ms | 1 | 15 | 328.7475 | 48.4118 | 6.79 | 0.0199 |

Tabelle 12: Signifikante Interaktion Anapher x Elektrode

| Zeit | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|------------|----------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| 240-270 ms | 17 | 255 | 3.4686 | 0.6619 | 5.24 | 0.0030 |
| 270-300 ms | 17 | 255 | 6.2755 | 0.6995 | 8.97 | 0.0001 |
| 300-330 ms | 17 | 255 | 3.7434 | 0.8654 | 4.33 | 0.0141 |
| 330-360 ms | 17 | 255 | 3.1167 | 0.9080 | 3.43 | 0.0390 |
| 360-390 ms | 17 | 255 | 2.6291 | 0.5461 | 4.81 | 0.0029 |
| 390-420 ms | 17 | 255 | 2.7027 | 0.4866 | 5.55 | 0.0004 |
| 480-510 ms | 17 | 255 | 2.6254 | 0.8929 | 2.94 | 0.0322 |
| 510-540 ms | 17 | 255 | 3.0278 | 0.8673 | 3.49 | 0.0157 |
| 540-570 ms | 17 | 255 | 2.7953 | 0.7900 | 3.54 | 0.0177 |
| 570-600 ms | 17 | 255 | 2.2799 | 0.6134 | 3.72 | 0.0076 |

Tabelle 13: Ergebnis der z-standardisierten Varianzanalyse (Zeit 240 bis 360 versus 480 bis 600 ms)

| | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|-------------------------|----------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| Elektrode x Zeitfenster | 17 | 255 | 0.9323 | 0.3849 | 2.42 | 0.0635 |

Die EKP-Antwort für parallele und nicht-parallele Satzstrukturen getrennt nach Eigennamen und Pronomen zeigen Abbildungen 11 und 12.

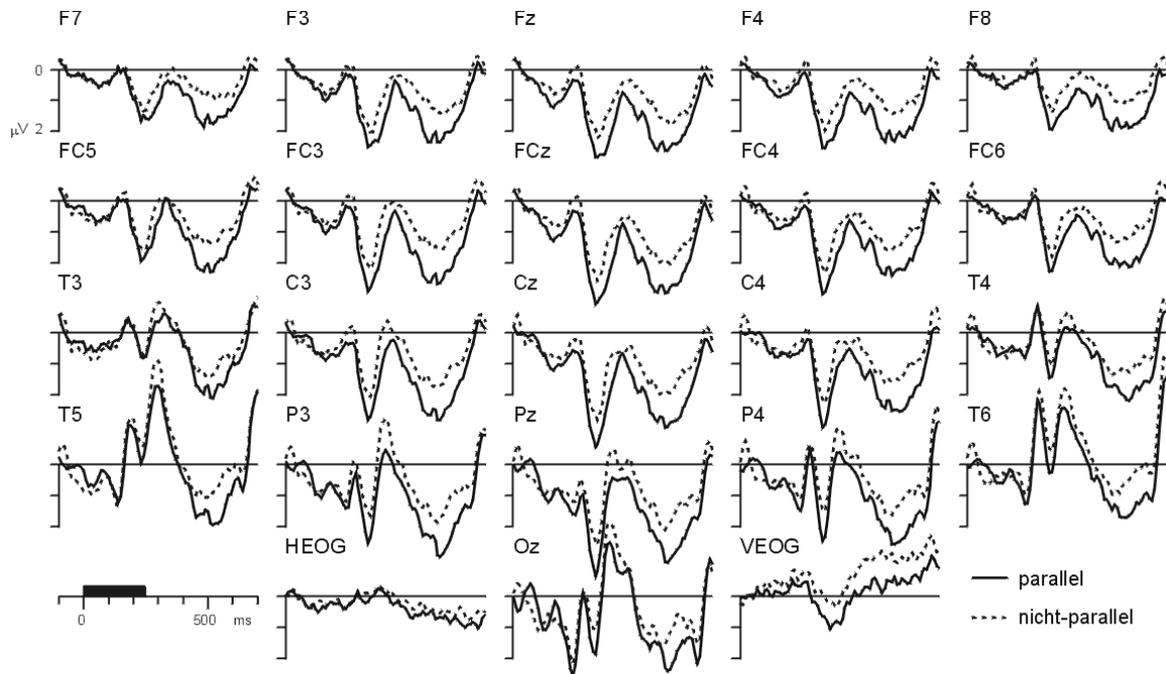


Abb. 11: EK-Potentiale nach Eigennamen in parallelen und nicht-parallelen Diskursstrukturen ($n=16$). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

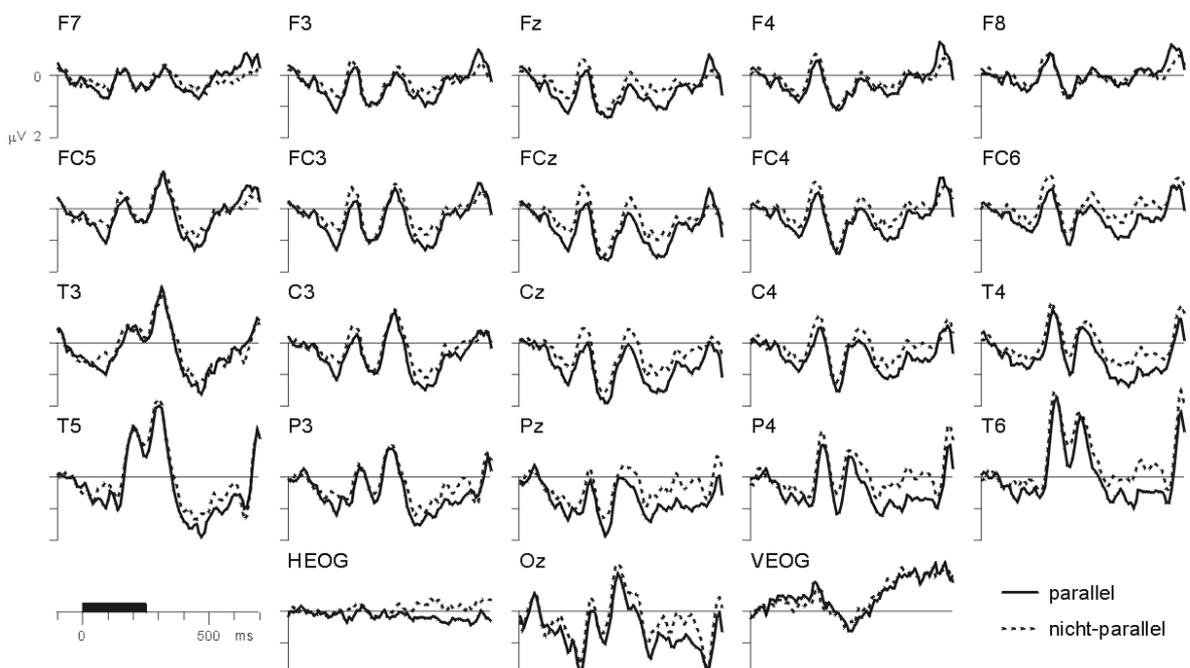


Abb. 12: EK-Potentiale nach Pronomen in parallelen und nicht-parallelen Diskursstrukturen ($n=16$). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

Unabhängig von dem Anaphertyp lösen nicht-parallele Strukturen eine relativ stärkere Negativierung aus als parallele Satzstrukturen. Die Varianzanalyse liefert einen signifikanten Haupteffekt Parallelität für die drei aufeinanderfolgenden Zeitfenster von 510 bis 600 ms (Tabelle 14). Auch eine Analyse des Effektes separat für die beiden Anaphertypen bestätigt dieses Ergebnis. Tabelle 15 ist zu entnehmen, daß für Pronomen die Interaktion Parallelität x Elektrode und für Eigennamen der Haupteffekt Parallelität im gleichen Zeitfenster signifikant werden.

Tabelle 14: Signifikanter Haupteffekt Parallelität

| Zeit | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz |
|------------|----------------|--------|-----------------------|---------|--------|-------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| 510-540 ms | 1 | 15 | 139.1355 | 18.8975 | 7.36 | 0.0160 |
| 540-570 ms | 1 | 15 | 114.8560 | 19.7434 | 5.82 | 0.0291 |
| 570-600 ms | 1 | 15 | 132.7703 | 17.6214 | 7.53 | 0.0150 |

Tabelle 15: Signifikante Effekte separat für Pronomen und Eigennamen

| Zeit | | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz |
|-------------------|--------------|----------------|--------|-----------------------|---------|--------|-------------|
| | | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| Pronomen | | | | | | | |
| 510-540 ms | Parallelität | 1 | 15 | 25.5804 | 20.2239 | 1.26 | n.s. |
| | Par. x Elek. | 17 | 255 | 0.8004 | 0.4313 | 1.86 | 0.0223 |
| 540-570 ms | Parallelität | 1 | 15 | 7.5969 | 17.4289 | 0.44 | n.s. |
| | Par. x Elek. | 17 | 255 | 0.905 | 0.4373 | 2.07 | 0.0087 |
| 570-600 ms | Parallelität | 1 | 15 | 24.8253 | 15.9331 | 1.56 | n.s. |
| | Par. x Elek. | 17 | 255 | 0.9232 | 0.3801 | 2.43 | 0.0016 |
| Eigennamen | | | | | | | |
| 510-540 ms | Parallelität | 1 | 15 | 135.1116 | 25.8189 | 5.23 | 0.0371 |
| | Par. x Elek. | 17 | 255 | 0.1821 | 0.2764 | 0.66 | n.s. |
| 540-570 ms | Parallelität | 1 | 15 | 153.7600 | 21.7479 | 7.07 | 0.0179 |
| | Par. x Elek. | 17 | 255 | 0.4256 | 0.3421 | 1.24 | n.s. |
| 570-600 ms | Parallelität | 1 | 15 | 127.9821 | 20.6482 | 6.20 | 0.0250 |
| | Par. x Elek. | 17 | 255 | 0.3647 | 0.3511 | 1.04 | n.s. |

Betrachtet man die topographische Verteilung des Effektes (Abbildung 13) so fällt auf, daß der Effekt nach Pronomen stärker nach rechts lateralisiert ist. Untergeordnete Varianzanalysen zeigen, daß der nach Pronomen beobachtbare Parallelitätseffekt am deutlichsten über den posterioren Elektroden der rechten Hemisphäre auftritt (signifikante Elektrodenpositionen P4, Pz, T6; siehe Anhang 8), wohingegen der nach Eigennamen beobachtbare Effekt eine eher zentrale Verteilung aufweist (signifikante Elektrodenpositionen C3, C4, Cz, P3, P4 und Pz; siehe Anhang 9). Eine z-standardisierte Analyse der topographischen Verteilung des Parallelitätseffektes für Eigennamen versus Pronomen liefert ein signifikantes Ergebnis (Tabelle 16).

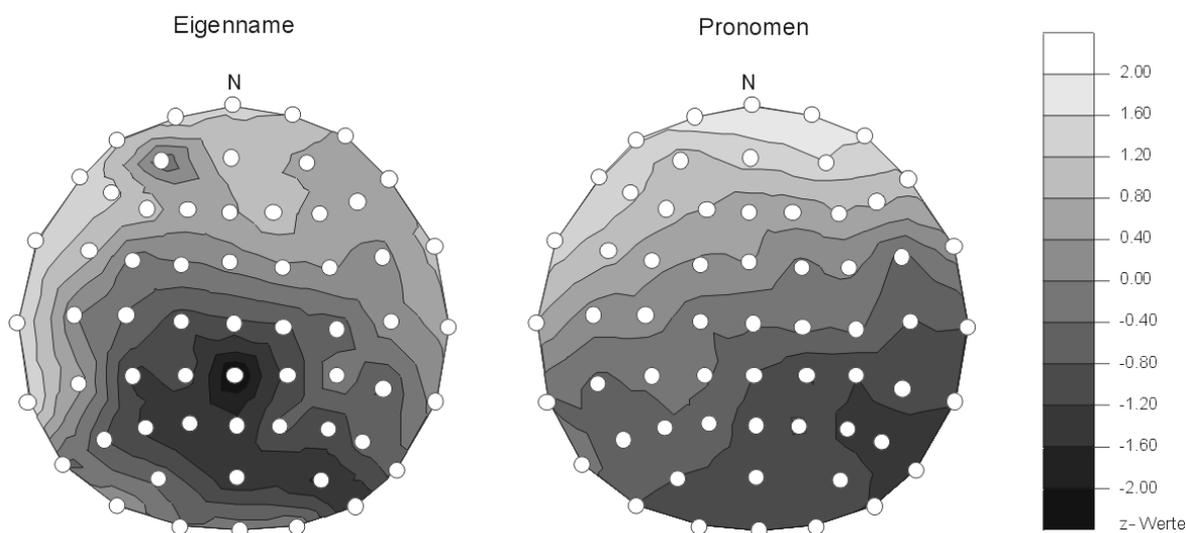


Abb. 13: Z-standardisierte Differenztopographien "parallel minus nicht-parallel" für das Zeitfenster von 510 bis 600 ms getrennt für Eigennamen (links) und Pronomen (rechts). Die Topographien wurden mit dem Verfahren der linearen Interpolation erstellt. Dunklere Schattierungen indizieren eine stärkere Negativierung für nicht-parallele Konstruktionen.

Tabelle 16: Ergebnis der z-standardisierten Varianzanalyse der Differenz parallel minus nicht-parallel für Pronomen versus Eigennamen (Zeit 510 bis 600 ms)

| | Freiheitsgrade | | Mittlere Quadratsumme | | F-Wert | Signifikanz (H-F) |
|---------------------|----------------|--------|-----------------------|--------|--------|-------------------|
| | Effekt | Fehler | Effekt | Fehler | | |
| Elektrode x Anapher | 17 | 255 | 0.6989 | 0.2624 | 2.66 | 0.0499 |

6.3 Diskussion

6.3.1 Verhaltensdaten

Die Verstehenszeit reagiert nicht sensitiv auf die Manipulationen der Parallelität oder des Anaphertypes. Erst bei der Beantwortung der Frage zeigt sich der Einfluß der Satzstruktur. Die Bearbeitung nicht-paralleler Diskursstrukturen führt zu längeren Antwortlatenzen und höheren Fehlerraten als die Bearbeitung paralleler Strukturen. Antwortlatenz und Fehlerrate unterstützen somit die Theorie paralleler Rollen zur Auflösung anaphorischer Verweise.

Es stellt sich die Frage, warum der Effekt erst bei der Beantwortung der Frage erkennbar wird. Vergleicht man das Ergebnismuster dieses Experimentes mit dem von Experiment 1, so zeigt sich, daß dort der Einfluß der experimentellen Manipulation der Distanz bereits während der Verstehenszeit beobachtbar ist. Eine Gegenüberstellung der Verhaltensdaten ergibt folgendes Bild: Die Reaktionszeiten (Verstehenszeit und Antwortlatenz) in Experiment 1 sind kürzer als in Experiment 2, wohingegen die Fehlerrate in Experiment 2 geringer ist. Die einzelnen Trials von Experiment 1 wurden von den Probanden offensichtlich etwas schneller aber weniger sorgfältig bearbeitet, wohingegen die Probanden von Experiment 2 langsamer arbeiteten und weniger Fehler machten. Die Gegenüberstellung zeigt weiterhin, daß die Standardabweichung der Verstehenszeit in Experiment 2 annähernd doppelt so groß ist wie die in Experiment 1 (Exp. 1: Mittelwert = 560 ms versus Exp. 2: Mittelwert = 1015 ms). Eine große Standardabweichung deutet daraufhin, daß die Probanden die ihnen zum Verständnis der Textpassage angebotene Zeit sehr unterschiedlich genutzt haben. Möglicherweise waren einige bemüht, die Konstruktion der mentalen Textrepräsentation vor der Präsentation der Frage abzuschließen. Andere hingegen, forderten die Frage zu schnell an, so daß sich deren Konstruktionsprozeß erst in der Antwortlatenz niederschlägt. Dort zeigt sich, daß die Konstruktion der Textrepräsentation einer nicht-parallelen Struktur länger dauert als der einer parallelen. Die große Streuung der Reaktionszeiten kann die Ursache des nicht signifikanten Unterschiedes zwischen parallelen und nicht-parallelen Strukturen der Verstehenszeit sein, denn eine große Streuung erschwert die varianzanalytische Detektion kleiner Unterschiede.

Der Anaphertyp übt keinerlei Einfluß auf die Verhaltensdaten aus, sprich eine nicht-parallele Satzstruktur erschwert die Verarbeitung von Pronomen und Eigennamen in gleichem Maße.

6.3.2 EKP-Studie

6.3.2.1 *Langsame Potentiale*

Die Betrachtung der Potentialverschiebungen über den gesamten Trial hinweg, zeigt zum einen eine mit dem Satzende einhergehende Positivierung, die analog zu Experiment 1 eine sogenannte *closure positive shift* (CPS) reflektiert, und zum anderen eine langsam ansteigende Negativierung. Die Negativierung entwickelt sich nach Bearbeitung des Eigennamens stärker als nach Bearbeitung des Pronomens. Sie beginnt unmittelbar nach der Präsentation der Anapher und ist im Zeitfenster von 7 bis 10 sec statistisch signifikant. Der Vergleich der phasischen Potentiale für die beiden Anaphertypen zeigte zwei Effekte (siehe Kapitel 6.2.2.2 und Kapitel 6.3.2.2) eine für Pronomen stärker ausgeprägte frühe frontale und späte parietale Negativierung. Die langsame Potentialverschiebung ist also keine unmittelbare Folge der Verarbeitung der Anaphern, sondern beginnt erst etwa 800 ms nach Präsentation der Anapher, was Abbildung 9 entnommen werden kann.

Eine ähnliche Tendenz einer langsamen Potentialverschiebung zeichnete sich bereits in Experiment 1 ab, jedoch wurde der Unterschied zwischen Eigennamen und Pronomen dort statistisch nicht signifikant. Unter der Annahme, daß die Negativierung mit der Aufgabenschwierigkeit korreliert (siehe Rösler, Heil & Hennighausen, 1995; Heil, Rösler & Hennighausen, 1996), wäre die vollständige Interpretation der Sätze mit wiederholten Eigennamen schwerer als die mit pronominalen Verweisen. Möglicherweise ist der Grund für die erschwerte Verarbeitung im Falle der Eigennamen, ein Validierungsprozeß, der prüft, ob die beiden gleichlautenden Eigennamen auch dieselbe Person indizieren, d. h. das mentale Modell wird im Sinne einer Resolution abgestimmt (siehe Kapitel 2.2.1).

6.3.2.2 *Physische Potentiale*

Das vorliegende Design erlaubt zwei Vergleiche, zum einen zwischen Pronomen und Eigennamen (a) und zum anderen zwischen parallelen und nicht-parallelen Diskursstrukturen (b).

zu (a): Die Amplitude nach Pronomen war in zwei Zeitfenstern signifikant negativer als nach Eigennamen. Von 270 bis 420 ms nach Reizbeginn lag das Maximum der Negativierung über linksfrontalen Kortexarealen und im Zeitfenster von 520 bis 600 ms über parietalen Elektrodenorten. Dieser Befund repliziert das in Experiment 1 beobachtete Muster.

Der frühe Effekt reflektiert den Zugriff auf Wörter der geschlossenen Klasse wie er bereits von Neville, Mills und Lawson (1992) sowie von Van Petten und Kutas (1991) beobachtet wurde. Für den späteren Effekt wurde als Ursache ein für die Eigennamen infolge der wiederholten Darbietung abgeschwächter N400-Effekt in Betracht gezogen. Diese Annahme wird in Experiment 3 überprüft.

zu (b): Der Vergleich von parallelen und nicht-parallelen Diskursstrukturen wurde getrennt für Eigennamen und Pronomen durchgeführt. Nicht-parallele Konstruktionen lösten nach beiden Anaphertypen eine stärkere Negativierung im Zeitbereich von 510 bis 600 ms aus. Das Zeitfenster dieses Effektes liegt später als für einen typischen N400-Effekt. Die ausgeprägte parietale Topographie des Effektes deutet jedoch daraufhin, daß es sich hier um eine Modulation des N400-Effektes handelt.

Dieses Ergebnis zeigt, daß zur Auflösung eines anaphorischen Verweises in jedem Fall das semantische Netzwerk herangezogen wird, auch dann wenn die Verknüpfung bereits aufgrund der syntaktischen Informationen hätte vorgenommen werden können. Die grammatischen Informationen „Subjekt“ und „Objekt“ werden thematisch - als Agens und Patiens - verarbeitet. Im EKP zeigt sich kein für syntaktische Verletzungen typisches Antwortmuster nach nicht-parallelen Strukturen. Die Parallelität einer anaphorischen Satzstruktur wird folglich nicht auf der Oberflächenebene geprüft, sondern innerhalb einer „vorverarbeiteten“ Repräsentationsebene (Propositionsmodell oder Situationsmodell).

Weiterhin wird deutlich, daß sich die kognitive Antwort auf eine erschwerte Anapher-Antezedent-Verknüpfung in einer Modulation der N400-Amplitude zeigt, deren topographische Verteilung analog zu Experiment 1 nach Pronomen stärker nach rechts lateralisiert ist als nach Eigennamen.

Zusammenfassung: Die Verhaltensdaten replizieren die Strategie paralleler Rollen. Zur Bearbeitung der Verständnisfragen nach nicht-parallelen Konstruktionen benötigen die Probanden länger als für Verständnisfragen nach parallel aufgebauten Sätzen. Die beiden bereits in Experiment 1 beobachteten Effekte infolge von Pronomen im Vergleich zu Eigennamen konnten repliziert werden, erstere evozieren eine relativ stärkere frühe linksanteriore sowie eine zeitlich spätere parietale Negativierung. Die Analyse der ereigniskorrelierten Potentiale bei Variation des Faktors Parallelität bestätigt, daß eine Anapher in einer nicht-parallelen syntaktischen Rolle zusätzliche Verarbeitungskapazität benötigt. Dieser Mehraufwand manifestiert sich in einer relativen Negativierung über dem parietalen Skalp, dem N400-Effekt. Es wird keine für syntaktische Erwartungsverletzungen bekannte EKP-Komponente evident. Die Modulation des N400-Effektes zeigt, daß die für nicht-parallele Strukturen erschwerte Verarbeitung der Anapher während der Konstruktion der mentalen Repräsentation - innerhalb des semantischen Netzwerkes - stattfindet und reflektiert die Einbindung eines weniger erwarteten Antezedenten.

7 Experiment 3: EKP-Effekte nach MI-Anaphern und Ellipsen

Wie bereits in Kapitel 2 erörtert, kann die Verknüpfung einzelner Sätze durch verschiedene anaphorische Verweise vorgenommen werden. Bislang wurden nur Unterschiede bei der Verarbeitung von Pronomen und Eigennamen untersucht. Im dritten Experiment dieser Arbeit sollen neben wiederholten Eigennamen auch sogenannte elliptische Konstruktionen untersucht werden. Diese Form des anaphorischen Verweises ist besonders interessant, da sich hier aus der linguistischen Theorie andere Vorhersagen über die der Verknüpfung zugrundeliegenden Prozesse ableiten lassen, als bei Pronomen und wiederholten Eigennamen. Hankamer und Sag (1976) unterscheiden zwei Klassen anaphorischer Verweise: die Tiefen- und die Oberflächenanaphern, die sie in einem neueren Aufsatz auch als modellinterpretierende Anapher (engl. *model-interpretative anaphor*; Abk. MIA) bzw. Ellipse bezeichnen (Sag & Hankamer, 1984). Beispiele für MI- und elliptische Anaphern der englischen Sprache wurden von Murphy (1985) zusammengestellt (siehe Beispiel 43, übernommen und erweitert).

(43) Beispiele für modellinterpretierende Anaphern

Do it anaphora:

Jones couldn't flip the pancake, so Smith did it. (did it = flip the pancake)

Sentential it anaphora:

I mean business, but I can't get anyone to believe it. (it = professional activities)

Null complement anaphora:

Johnson told me to wash his car, but I wouldn't comply. (= to wash his car)

One anaphora:

Richard bought a blue shirt and returned the red one. (one = shirt)

Personal pronouns:

Merle smashed the Cadillac with a sledgehammer because she was angry. (she = Merle)

Proper name:

Leslie gave Peter an apple and Peter gave Leslie a banana.

Beispiele für elliptische Anaphern

Verb-phrase ellipsis:

I can't see the problem, but Lee can. ([] = see the problem)

Sluicing:

John was going to the station, but he didn't say when. ([] = he was going to the station)

Stripping:

Gwen snorts cocaine, but not in her own house. ([] = does she snort cocaine)

So anaphora:

You say she is guilty, but do you really think so? (so = she is guilty)

Gapping:

Leslie drove the car, and Kim the moped. ([] = drove)

Zwischen den beiden Klassen gibt es laut Sag und Hankamer (1984) zwei wesentliche Unterscheidungsmerkmale. Zum einen erlauben lediglich MI-Anaphern pragmatische Kontrolle, d. h. nur diese können auf einen Antezedenten verweisen, der Teil des außerlinguistischen Kontextes ist. Ellipsen erlauben, wie das folgende Beispiel zeigt, diese Art der Kontrolle nicht. Auch wenn es noch so offensichtlich ist, muß im Fall einer Ellipse der Antezedent „ausgesprochen“ werden.

(44) [*Fran and Lee see someone washing windows on the 4th floor with no safety belt.*]

a. *Lee: That's pretty dangerous.*

*Fran: *Oh, she always has.*

b. *Lee: Why does she wash those windows that way?*

Fran: Oh, she always has.

Beispieldiskurs (44) zeigt, daß die elliptische Form der Verbphrase „*Oh, she always has*“ ohne explizite Nennung des Antezedenten nicht verständlich ist (a). Die elliptische Phrase kann nur dann interpretiert werden, wenn ihr wie in (b) ein direkter Antezedent vorangestellt ist. Das Pronomen „*she*“, das als MI-Anapher verstanden werden kann, kann auch ohne expliziten Bezug einwandfrei zugeordnet werden. Die pragmatische Kontrolle

ist dadurch gegeben, daß „*someone washing windows*“ Teil der gemeinsamen Wahrnehmung von „*Lee*“ und „*Fran*“ ist.

Das zweite Unterscheidungsmerkmal ist mit dem ersten eng verknüpft, betont jedoch noch einmal die starke syntaktische Kontrolle der elliptischen Anaphern durch den sprachlichen Kontext. Nur diese benötigen einen Antezedenten, der konsistent mit dem fehlenden Part der anaphorischen Phrase ist:

(45) *Was the cake taken by you?*

**No, Sandy did.*

Die Konstruktion des Beispiels 45 ist unzulässig, da die Verbphrase nicht in die anaphorische Phrase paßt (*No, Sandy was taken by you*). Die MI-Anapher *did it* im Textbeispiel 46 unterliegt dieser syntaktischen Restriktion nicht:

(46) *Was the cake taken by you?*

No, Sandy did it.

Sag und Hankamer (1984) postulieren weiter, daß die beiden Formen anaphorischer Verweise auf verschiedene Ebenen der mentalen Repräsentation des Diskurses verweisen. Ellipsen werden interpretiert, indem eine Referenz auf das sogenannte Oberflächenmodell (engl. *surface model*¹) des laufenden Diskurses vorgenommen wird, und MI-Anaphern werden interpretiert, indem auf Konstrukte des Diskursmodells (welches wiederum in etwa dem in Kapitel 2 erläuterten Situationsmodell entspricht) Bezug genommen wird.

Der Zugriff auf die verschiedenen Ebenen der mentalen Repräsentation verläuft, so wird von Sag und Hankamer vermutet, über zwei Prozesse, dem plausiblen Schlußfolgern (engl. *plausible reasoning*) und dem Kopierprozeß.

¹ Sag und Hankamer (1984) benutzen zwar den Begriff *propositional representation model*, doch wird in deren weiterer Beschreibung deutlich, daß sie damit nicht die Form der propositionalen Repräsentation meinen, wie sie in Kapitel 2.1.1 eingeführt wurde, sondern, daß das von den Autoren beschriebene Modell eher der *surface form* des Diskurses (bzw. Chomskys logischer Form) entspricht. In dieser Weise werden sie auch von anderen Autoren verstanden (siehe Murphy, 1985; 1990; Tanenhaus & Carlson, 1990; Carreiras, Garnham & Oakhill, 1993).

Ersteres impliziert einen Zugriff auf das Langzeitgedächtnis, wobei der Fokus der Aktivierung auf den Objekten, Verbindungen und Konzepten liegt, die sich im aktuellen Diskursmodell befinden, inklusive aller bisher erstellten Schlußfolgerungen. Diese aktive, konstruktive Sicht der anaphorischen Auflösung wird durch Ergebnisse von Bransford, Barclay und Franks (1972), Collins, Brown und Larkin (1980) und Ehrlich und Johnson-Laird (1982) unterstützt. Der Kopierprozeß andererseits ist gekennzeichnet dadurch, daß im Kurzzeitgedächtnis ein passender linguistischer Antezedent gesucht und in den anaphorischen Verweis hineinkopiert wird (Frederiksen, 1981). Sag und Hankamer (1984) vermuten nun, daß MI-Anaphern ausschließlich mittels plausiblen Schlußfolgern und Ellipsen ausschließlich mittels des Kopierprozesses interpretiert werden. Diese Zuordnung von Anaphertyp und damit verknüpftem Auflösungsprozeß bezeichnen sie als Korrespondenzhypothese.

Eine der ersten experimentellen Überprüfungen der Korrespondenzhypothese wurde von Murphy (1985) durchgeführt. Unter der Annahme, daß der Kopierprozeß durch die linguistische Repräsentation des Antezedenten moderiert wird, variierte er (a) die Länge des Antezedenten, (b) die Distanz zum Antezedenten und (c) die syntaktische Konsistenz von Anapher und Antezedent (zur syntaktischen Konsistenz siehe die Beispielsätze 41 und 42). Trifft die Korrespondenzhypothese zu, dann sollte der nach Ellipsen auftretende Kopierprozeß durch diese Manipulationen, die die Verfügbarkeit der passenden linguistischen Repräsentation erschweren, beeinflußt werden. Die experimentellen Manipulationen führten zu signifikanten Verzögerungen der Lesezeit nach (a) langen Antezedenten, (b) großen Distanzen und (c) inkonsistenten syntaktischen Beziehungen. Ellipsen und MI-Anaphern werden allerdings in gleicher Weise beeinflußt. Auf eine Korrespondenz im Sinne von Sag und Hankamer deuten diese Ergebnisse laut Murphy nicht hin, vielmehr scheint es so, als ob sowohl elliptische als auch MI-Anaphern Oberflächenaspekte des Diskursmodells zur Interpretation nutzen. In einer späteren Arbeit (Murphy, 1990) wird diese Schlußfolgerung mit Verweis auf die Arbeiten von Garnham und Oakhill (1987) noch weiter ausgeweitet. Er postuliert nun, daß nicht nur MI-Anaphern das Oberflächenmodell zur Verfügung steht, sondern daß umgekehrt auch elliptische Anaphern auf das pragmatische Wissen des Diskursmodells rekurrieren. Murphy vermutet, daß jeweils diejenige Information genutzt wird, die am schnellsten zur Verfügung steht, während Garnham und Oakhill (1987) annehmen, daß beide Informationen verglichen und

bewertet werden und dann die wahrscheinlichere zur Interpretation herangezogen wird (siehe auch Carreiras, Garnham & Oakhill, 1993).

Die von Murphy (1990) durchgeführten Experimente wurden in vielerlei Hinsicht kritisiert: Tanenhaus und Carlson (1990) sehen in der Variation der Länge des Antezedenten keine hinreichende Manipulation, die Verschiedenartigkeit der anaphorischen Verweise herauszustellen. Der Kopierprozeß wird - so die Autoren - in den meisten linguistischen Theorien nicht als ein Mechanismus beschrieben, durch den nach der Detektion einer Lücke ein passender Antezedent im Arbeitsspeicher gesucht und abschließend in die lückenhafte anaphorische Phrase übertragen wird. Vielmehr würden Anapher und Antezedent koindiziert, d. h. lediglich über einen *pointer* miteinander verknüpft. Auf der Grundlage dieses Modells ergeben sich keine zwingenden Ableitungen dahingehend, daß sich ein längerer Antezedent auf Ellipsen und MI-Anaphern unterschiedlich auswirken sollte.

Auch das Experiment zur Manipulation der Distanz zwischen Anapher und Antezedent erfuhr Kritik durch eine Studie von Tanenhaus, Carlson und Seidenberg (1985). Ebenso wie Murphy untersuchten sie den Einfluß der Distanz auf beide Formen anaphorischer Verweise, berichten jedoch ein mit Sag und Hankamers Unterscheidung kongruentes Ergebnismuster, d. h. der zwischen Anapher und Antezedent intervenierende Satz führte nur im Falle der elliptischen Verweise zu einem Anstieg der Reaktionszeit. Für diese Murphy widersprechenden Ergebnisse sehen Tanenhaus et al. die Ursache im Satzmaterial. In den von Murphy konstruierten Kontextsätzen findet im Gegensatz zu dem von den Autoren benutzten Material ein Topikwechsel statt. Mit der intendierten Veränderung der Oberflächenstruktur geht also auch eine unbeabsichtigte Veränderung des Situationsmodells einher, so daß auch MI-Anaphern auf die Manipulation der Distanz reagieren.

Auch das dritte Experiment Murphys zum Einfluß der syntaktischen Konsistenz blieb nicht unwidersprochen. Tanenhaus und Carlson (1984) sowie Mauner, Tanenhaus und Carlson (1995) manipulierten ebenso die Parallelität von Antezedent und Ellipse bzw. MI-Anapher und fanden keine Effekte des Faktors syntaktische Konsistenz für MI-Anaphern. Die Autoren achteten in besonderer Weise auf die Vergleichbarkeit der phonologischen Form. Murphy hatte die *do it*-Anapher mit der *verb-phrase ellipsis* verglichen, Tanenhaus und Carlson verglichen dagegen *verb-phrase ellipsis* und *null complement anaphora*. Auf diese Weise umgingen sie das Problem bei Murphy, nämlich den Vergleich eines expliziten

anaphorischen Elementes, zu denen alle MI-Anaphern mit Ausnahme der Nullanapher gezählt werden, mit einer „gelöschten“ Phrase, zu denen alle elliptischen Anaphern gehören.

Murphy (1990) wiederum macht auf den Einfluß der Aufgabenstellung aufmerksam: In seinen Studien wurde die Lesezeit gemessen und in den Arbeiten von Tanenhaus und Carlson (1984) die Zeiten zur Beurteilung der syntaktischen Form. Murphy (1990) verglich die beiden Verhaltensmaße und fand, daß sich eine Differenzierung zwischen MI-Anaphern und Ellipsen in der von Sag und Hankamer postulierten Richtung zeigt, wenn die Reaktionszeiten zur syntaktischen Beurteilung gemessen werden. Hinsichtlich der reinen Lesezeiten konnte er dagegen keinen Unterschied zwischen den Anaphertypen feststellen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die Befundlage recht uneinheitlich ist: Die Gruppe um Tanenhaus und Carlson sprechen sich für die von Sag und Hankamer getroffene Unterscheidung von MI-Anaphern und Ellipsen aus, wohingegen Murphy sowie Garnham und Oakhill empirische Argumente gegen diese Annahme vorbringen. Nun kann versucht werden, die Problematik mit Hilfe von Verhaltensdaten weiter aufzuschlüsseln, oder aber man nutzt die Methode der EKP-Messung und hat dann den Vorteil, mögliche Prozeßunterschiede online zu beobachten. Daß der anaphorische Auflösungsprozeß Spuren im EKP hinterläßt, haben Experimente 1 und 2 gezeigt. Im dritten Experiment nun werden wiederholte Eigennamen, diesmal als Vertreter der MI-Anaphern, einer in den ersten beiden Experimenten nicht untersuchten Gruppe anaphorischer Verweise, den Ellipsen, gegenübergestellt. Neben diesen beiden Anaphertypen wurde eine sogenannte Kontrollbedingung konstruiert, in der dadurch, daß eine neue Person in den Text eingeführt wird, keine Verknüpfung zu bereits erwähnten Satzinhalten vorgenommen werden muß. Durch den Vergleich mit der Kontrollbedingung kann der jeweilige Einfluß der elliptischen und der MI-anaphorischen Konstruktionen herauskristallisiert werden. Beispiele für die drei Konstruktionen sind:

- (47) Ellipse: Werner schenkt Lisa einen Ring und Josef [] Anna eine Kette.
- (48) MI-Anapher (=Eigename): Werner schenkt Lisa einen Ring und Josef schenkt **Lisa** eine Kette.
- (49) Kontrollbedingung: Werner schenkt Lisa einen Ring und Josef schenkt Anna eine Kette.

Für beide Gruppen wird der Zugriff auf den Antezedenten über die Manipulation der Distanz zur Anapher erschwert. Sind die Prozesse, die je nach Art des anaphorischen Verweises angestoßen werden, verschieden, dann sollte jeweils die Differenz der EK-Potentiale der Bedingungen „entfernt minus nah“, die den „reinen“ Auflösungsprozeß abbildet, für MI-Anapher und Ellipse einen unterschiedlichen Verlauf und/oder eine unterschiedliche Topographie aufweisen. Es kann vermutet werden, daß die Manipulation der Distanz nach MI-Anaphern ähnlich wie in Experiment 1 zu einer Modulation der N400-Amplitude führt, für die syntaktisch kontrollierten Ellipsen kann spekuliert werden, daß sie analog den in Kapitel 3.2.2.1 erörterten Experimenten zu sogenannten *filler-gap*-Abhängigkeiten mit einer Variation des LAN-Effektes einhergehen.

7.1 Methode

7.1.1 Versuchspersonen

An der dem EEG-Experiment vorangestellten Lesezeitstudie nahmen insgesamt 13 Versuchspersonen teil. Zehn dieser Probanden waren weiblich, und die Altersspanne lag zwischen 19 und 26 Jahren bei einem Durchschnittsalter von 22 Jahren. Insgesamt 21 Probanden durchliefen die EKP-Studie, wobei jedoch aufgrund von Artefakten bei der Aufzeichnung des EEGs die Daten von 6 Versuchspersonen nicht ausgewertet werden konnten. 13 Probanden dieser reduzierten Stichprobe waren weiblichen Geschlechts, das Durchschnittsalter betrug 25 Jahre (min. = 19, max. = 34). Alle Probanden waren nach eigener Aussage Rechtshänder und muttersprachlich deutsch aufgewachsen. Sie wurden für ihre Teilnahme finanziell oder mit entsprechenden Versuchspersonenstunden entlohnt.

7.1.2 Material

Für jede der als Beispiel aufgeführten Satztypen (Ellipse/„nah“, Ellipse/„fern“, MI-Anapher/„nah“, MI-Anapher/„fern“, Kontrollsatz/„nah“, Kontrollsatz/„fern“) wurden nach einem festen Schema Sätze konstruiert. Zur Manipulation der Distanz zwischen Anapher und Antezedent wurde die Nominalphrase in Objektposition entweder aus unbestimmtem Artikel und Nomen (hier: einen Ring) oder aus unbestimmtem Artikel, Nomen und einem

ergänzenden Attribut (hier: einen Ring aus glänzendem Gold) gebildet. Auf diese Weise sind Antezedent (schenkt/Lisa) und Anapher ([]/Lisa) im ersten Fall durch 5 Wörter, im zweiten Fall durch 8 Wörter voneinander getrennt. Um die Anzahl der Wörter im gesamten Satz konstant zu halten, wurde in die Sätze mit geringer Distanz ein Attribut zu Beginn des Satzes eingefügt (hier: Werner, ein spendabler Bankier). Demnach entsprachen Sätze mit geringer Distanz dem Schema „Subjekt (Eigenname) - Attribut (Nominalphrase bestehend aus 3 Wörtern) - Verb - Dativobjekt (Eigenname) - Akkusativobjekt (Nominalphrase bestehend aus 2 Wörtern) - Konjunktion („und“) - Subjekt (Eigenname) - Verb/Ellipse - Dativobjekt (Eigenname) - Akkusativobjekt (Nominalphrase bestehend aus 2 Wörtern)“. Sätze mit weiter Distanz wurden folgendermaßen konstruiert: „Subjekt (Eigenname) - Verb - Dativobjekt (Eigenname) - Akkusativobjekt (Nominalphrase bestehend aus 2 Wörtern) - Attribut (Nominalphrase bestehend aus 3 Wörtern) - Konjunktion („und“) - Subjekt (Eigenname) - Verb/Ellipse - Dativobjekt (Eigenname) - Akkusativobjekt (Nominalphrase bestehend aus 2 Wörtern)“. Die Ellipse wurde jeweils durch Auslassung des Verbes im zweiten Hauptsatz gebildet.

Insgesamt gab es 150 Sätze für jeden der 3 Anaphertypen unter der Bedingung „nah“ und weitere 150 Sätze, die das gleiche Szenario betreffen (z. B. Ring/Kette schenken), für jeden der 3 Anaphertypen unter der Bedingung „fern“ (siehe Beispielsätze). Für jede Versuchsperson wurde eine Zufallsauswahl von 50 Sätzen pro Anaphertyp/Distanz „nah“ und von 50 dazu korrespondierenden Sätzen pro Anaphertyp/Distanz „fern“ getroffen. Jedes Szenario kommt also pro Versuchsperson zweimal vor, einmal für Distanz „nah“ und einmal für Distanz „fern“.

Beispielsätze (der Antezedent ist unterstrichen und die Anapher fett dargestellt; das von den kursiv gedruckten Wörtern ausgelöste EK-Potential wird zur Auswertung herangezogen):

Ellipse:

Distanz „nah“

[a] Werner, ein spendabler Bankier, schenkt Lisa einen Ring und Josef [] *Anna* eine Kette.

Distanz „fern“

[b] Werner schenkt Lisa einen Ring aus glänzendem Gold und Josef [] *Anna* eine Kette.

MI-Anapher (=wiederholter Eigenname):

Distanz „nah“

[a] Werner, ein spendabler Bankier, schenkt Lisa einen Ring und Josef schenkt **Lisa** eine Kette.

Distanz „fern“

[b] Werner schenkt Lisa einen Ring aus glänzendem Gold und Josef schenkt **Lisa** eine Kette.

Kontrollsatz:

Distanz „nah“

[a] Werner, ein spendabler Bankier, schenkt Lisa einen Ring und Josef *schenkt Anna* eine Kette.

Distanz „fern“

[b] Werner schenkt Lisa einen Ring aus glänzendem Gold und Josef *schenkt Anna* eine Kette.

Auf diese Weise wurden 6 Bedingungen à 50 Trials gebildet. Alle Sätze waren grammatisch korrekt, bedeutsam und neutral im Inhalt, so daß keine absurden oder unüblichen Assoziationen geweckt wurden. Jeder Satz wurde mit einer Ja-/Nein-Frage kombiniert, die sich inhaltlich auf den Satz bezog (z. B. Schenkt Lisa Josef einen Ring?). Ja- und Nein-Antworten wurden gleich häufig verlangt. Da die Fragen unvorhersehbar waren, mußte die Versuchsperson die Bedeutung der Sätze komplett verstehen, um eine korrekte Antwort abgeben zu können.

7.1.3 Versuchsablauf

Die Räumlichkeiten und die technische Ausrüstung der Untersuchung entspricht der von Experiment 1. Die Studie wurde in zwei Versionen durchgeführt: In einer Vorstudie wurden die Lesezeiten für einzelne Phrasen des Satzes erhoben (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Satzteilbruchstücke der Lesezeitstudie beispielhaft für elliptische Konstruktionen

| | 1. Satzteil | 2. Satzteil | 3. Satzteil |
|----------------|--|--------------------------------|--------------------------------|
| Distanz „nah“ | Werner, ein spendabler Bankier, schenkt Lisa | einen Ring | und Josef [] Anna eine Kette. |
| Distanz „fern“ | Werner schenkt Lisa | einen Ring aus glänzendem Gold | und Josef [] Anna eine Kette. |

Die Darbietung der je nach Ereignisgruppe verschiedenen ersten Satzbruchstücke wurde von der Versuchsperson über Tastendruck angefordert. Dann war sie aufgefordert, die mittig dargebotenen Satzteile zu lesen und mit einem der beiden Zeigefinger auf die linke oder rechte Shifttaste zu drücken, sobald sie alles gelesen und verstanden hatte. Der Tastendruck der Versuchsperson wiederum führte dazu, daß der nächste Satzteil bzw. die Frage dargeboten wurde. Gemessen wurde die Zeit von Beginn der Präsentation bis zur Reaktion der Versuchsperson. Die Frage wurde für die Dauer von 5 sec als ganzer Satz dargeboten und mußte innerhalb dieses Zeitlimits - wiederum über die beiden Shifttasten der Tastatur - mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet werden. Eine falsche oder zu spät erfolgte Reaktion wurde dem Probanden durch eine Nachricht auf dem Bildschirm rückgemeldet. Die Zuordnung der Tasten wurde über die Versuchspersonen permutiert. Ein Trial endete mit dem Verschwinden der Frage und der nächste Trial startete nach einem variablen Intervall von 2 bis 4 sec.

Der Ablauf der EEG-Studie entsprach dem von Experiment 1.

7.1.4 EEG-Aufzeichnung

Die Aufzeichnung und Auswertung des EEGs erfolgte analog zu Experiment 1.

7.1.5 Auswertung

Zur Auswertung der Vorstudie wurden die mittlere Lesezeit des dritten Satzteils, die Antwortlatenz und die Fehlerrate für die experimentellen Bedingungen Distanz und Anaphertypen bestimmt und varianzanalytisch überprüft.

Die statistische Analyse der phasischen Potentiale erfolgte wie in Experiment 1. Verglichen wurden jeweils die phasischen Potentiale, die vom Objekt/Verb des zweiten Hauptsatzes ausgelöst wurden, bezogen auf die Beispielsätze wären das die Wörter „Anna“

(Ellipse und Kontrollsatz), „Lisa“ (wiederholter Eigenname) bzw. „schenkt“ (Darbietung des Verbes im zweiten Hauptsatz). Zur Analyse der langsamen Potentiale wurden die mittleren Amplitudenwerte für 10 aufeinanderfolgende Zeitintervalle von 1 sec Länge vom Beginn der Satzpräsentation bis 10 sec danach bestimmt. Als Baseline diente die Durchschnittsamplitude 100 ms vor Reizbeginn. Die signifikanzstatistische Analyse entsprach der für Experiment 1 beschriebenen Vorgehensweise.

7.2 Ergebnisse

7.2.1 Verhaltensdaten

In der dem EKP-Experiment vorangehenden Verhaltensstudie wurden die Lesezeit des kritischen dritten Satzteils, die Antwortlatenz sowie die Fehlerquote bei der Beantwortung der Frage erhoben. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der drei Maße sind in Tabelle 18 zusammengestellt.

Tabelle 18: Lesezeiten des jeweils dritten Satzteils, Antwortlatenz und Fehlerquote (Standardabweichungen in Klammern)

| | | Lesezeit (in ms) | Antwortlatenz (in ms) | Fehlerquote (in %) |
|----------------|--------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| Distanz „nah“ | Ellipse | 1628 (618) | 1432 (417) | 1,80 (3,8) |
| | MI-Anapher | 1746 (679) | 1443 (441) | 1,46 (3,5) |
| | Kontrollsatz | 1853 (741) | 1470 (443) | 1,58 (3,6) |
| Distanz „fern“ | Ellipse | 1703 (679) | 1466 (443) | 1,51 (3,6) |
| | MI-Anapher | 1783 (674) | 1508 (443) | 1,55 (3,6) |
| | Kontrollsatz | 1809 (718) | 1489 (451) | 1,82 (3,9) |

Betrachtet man die Lesezeiten der verschiedenen Anaphertypen jeweils im Vergleich Distanz „nah“ und „fern“, so ist zu erkennen, daß die beiden anaphorischen Verweise (Ellipse und MI-Anapher) eine leichte Tendenz in der vorgegebenen Richtung aufweisen: je größer die Distanz zwischen Anapher und Antezedent, desto langsamer die Lesezeit. Der

Kontrollsatz, der aufgrund seiner nicht-anaphorischen Struktur von der Manipulation der Distanz unbeeinflusst bleiben sollte, zeigt einen gegenläufigen Trend. Ein ähnliches Muster offenbart der Vergleich der Antwortlatenz, auch hier benötigen die Probanden länger zur Beantwortung der Frage, wenn diese sich auf Sätze mit großer Distanz zwischen Anapher und Antezedent bezieht. In der Fehlerquote zeigt sich kein mit der experimentellen Manipulation einhergehendes Muster.

Die varianzanalytische Überprüfung der Lesezeit liefert einen signifikanten Haupteffekt Anapher [$F(2,24)=13.70$, $p=0.0001$] und eine marginal signifikante Interaktion Distanz x Anapher [$F(2,24)=3.75$, $p=0.0511$]. Eine weitere Analyse des Haupteffektes Anapher macht lediglich für den Vergleich von MI-Anapher und Kontrollsatz Sinn, da alle anderen möglichen Vergleiche durch eine ungleiche Anzahl an Wörtern/Buchstaben wenig aussagekräftig sind. Die Analyse bestätigt, daß die Probanden zum Lesen des Kontrollsatzes signifikant länger brauchten als zur Verarbeitung der MI-Anapher [$F(1,12)=6.30$, $p=0.0274$]. Die im Anschluß an die signifikante Interaktion Distanz x Anapher gerechneten Varianzanalysen pro Anaphertyp werden nicht signifikant. Die Analyse der Antwortlatenz zeigt einen marginal signifikanten Haupteffekt Distanz [$F(1,12)=4.51$, $p=0.0552$], der Haupteffekt Anapher sowie die Interaktion werden nicht signifikant. Die statistische Analyse der Fehlerquote führte zu keinem signifikanten Ergebnis.

7.2.2 EKP-Studie

7.2.2.1 *Langsame Potentiale*

Der Potentialverlauf des vollständigen Trials kann Abbildung 14 entnommen werden. Unabhängig von den jeweiligen experimentellen Bedingungen sind die phasischen Potentiale für die einzelnen Wörter, die mit dem Satzende einhergehende Positivierung sowie eine ansteigende Negativierung in Erwartung der Frage zu erkennen.

Da die elliptischen Konstruktionen ein Wort weniger aufweisen als die MI-Anapher und der Kontrollsatz, setzen die Positivierung und die Negativierung auch entsprechend früher ein und können nicht unmittelbar mit den beiden anderen Bedingungen verglichen werden. Der Vergleich von MI-Anapher und Kontrollsatz zeigt eine stärkere Negativierung

für die MI-Anapher, doch eine Varianzanalyse mit den Faktoren Elektrode, Anaphertyp und Distanz liefert keine signifikanten Ergebnisse.

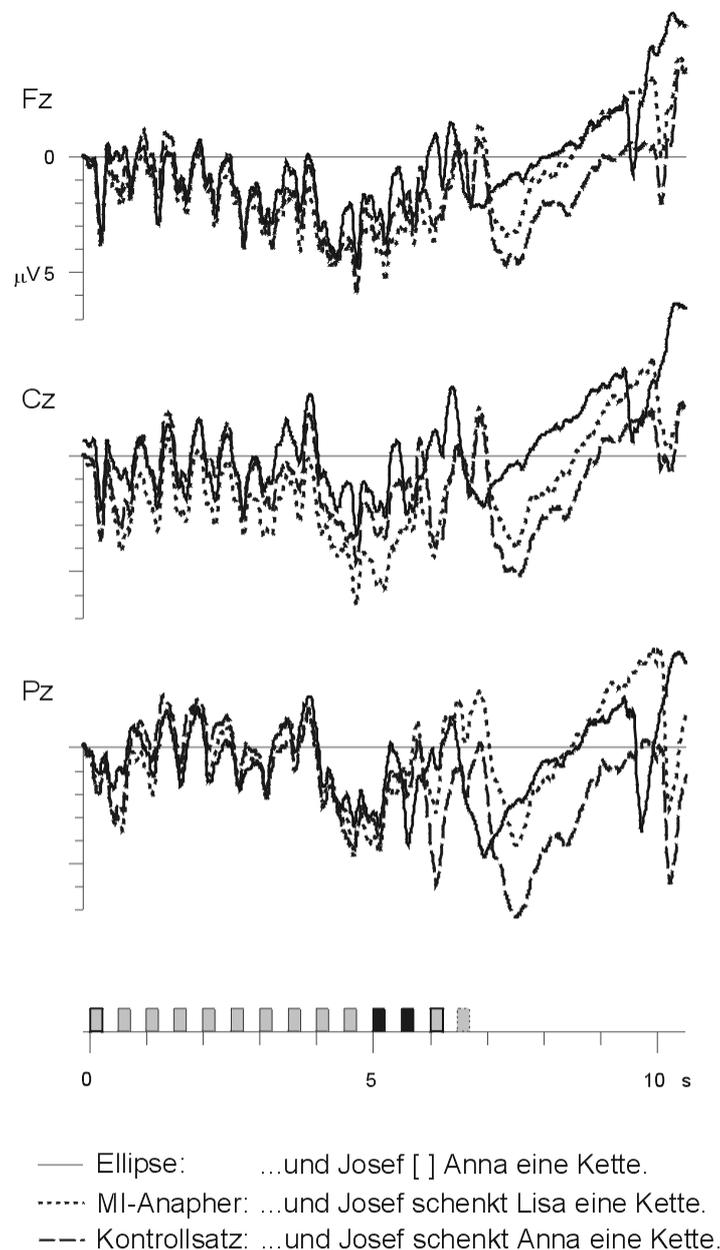


Abb. 14: EK-Potentiale des ganzen Trials gemittelt über kurze und lange Distanzen getrennt für elliptische Konstruktionen, Sätze mit MI-Anaphern und Kontrollsätze ($n=15$). Das kritische Wort steht bei Ellipsen in Position 11, bei MI-Anaphern und Kontrollsätzen in Position 12. Abgebildet sind die drei mittleren Elektrodenpositionen Fz, Cz und Pz. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn des Trials bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

7.2.2.2 Physische Potentiale

Zur Analyse der den beiden anaphorischen Verknüpfungen zugrundeliegenden Prozesse wurde jeweils das vom Objekt des zweiten Satzes evozierte physische Potential herangezogen. In einer Varianzanalyse mit den Faktoren Elektrode, Anapher und Distanz gerechnet für jedes der 23 Zeitfenster werden der Haupteffekt Anapher, die zweifachen Interaktionen Elektrode x Anapher und Elektrode x Distanz sowie die dreifache Interaktion Elektrode x Anapher x Distanz signifikant (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Signifikante Effekte der Varianzanalyse mit den Faktoren Elektrode (E), Anapher (A) und Distanz (D); angegeben wurde der innerhalb des Zeitbereichs kleinste und größte F-Wert (H-F korrigiert)

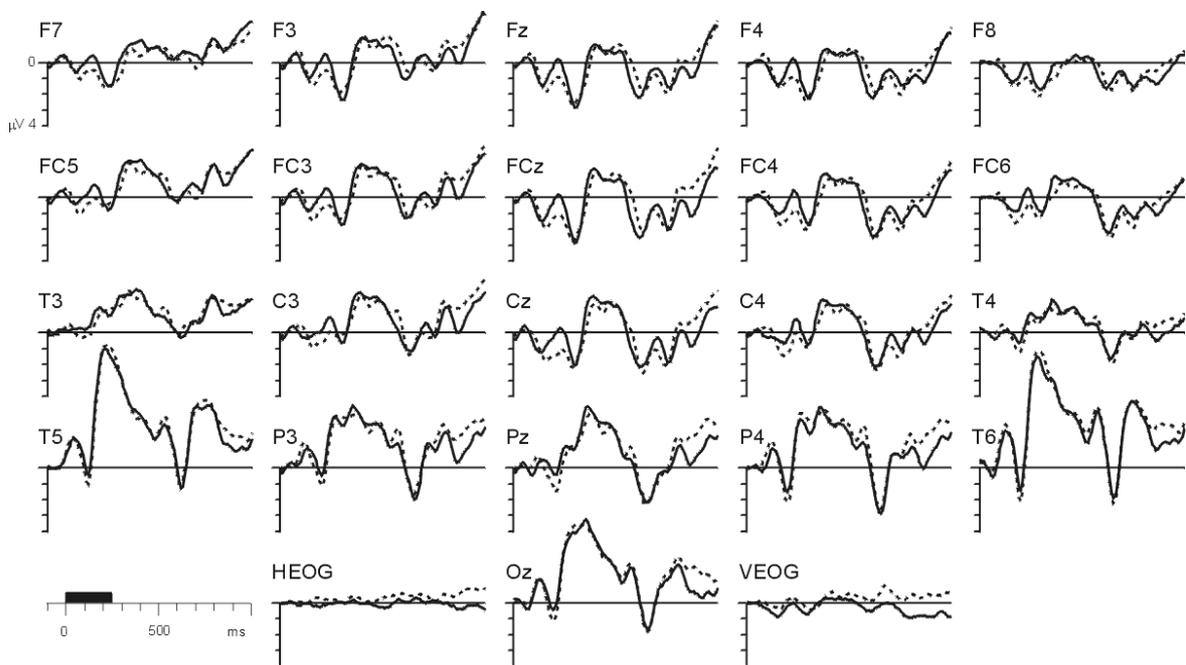
| | Zeitbereich | Minimum | Maximum |
|-----------|-------------|--------------------------|---------------------------|
| A | 520-920 ms | F(2,28)=3.46, p=0.0456 | F(2,28)=6.83, p=0.0040 |
| E x A | 200-920 ms | F(36,504)=3.09, p=0.0007 | F(36,504)=11.14, p=0.0001 |
| E x D | 80-200 ms | F(18,252)=2.31, p=0.0402 | F(18,252)=2.61, p=0.0215 |
| E x D | 360-440 ms | F(18,252)=2.26, p=0.0465 | F(18,252)=2.33, p=0.0332 |
| E x A x D | 120-200 ms | F(36,504)=1.94, p=0.0338 | F(36,504)=2.74, p=0.0213 |
| E x A x D | 360-440 ms | F(36,504)=2.20, p=0.0288 | F(36,504)=3.19, p=0.0154 |

Die Interaktionen mit dem Faktor Distanz zeigen sich in einem sehr frühen (80 bis 200 ms) und in einem späteren Zeitfenster (360 bis 440 ms). Weitere Analysen pro Anaphertyp (siehe Tabelle 20) ergeben, daß sich die Manipulation der Distanz im Fall der elliptischen Verweise in einem frühen Zeitfenster über fronto-zentralen Elektrodenorten (Abbildung 15; siehe Anhang 10) auswirkt, im Fall der MI-Anapher im zeitlich späteren Fenster über dem rechten parieto-temporalen Kortexareal (Abbildung 16; siehe Anhang 11). Abbildung 17 kann entnommen werden, daß die ferne Distanz an den entsprechenden Elektrodenorten jeweils eine stärkere Negativierung auslöst als die nahe.

Interaktionen des Faktors Distanz mit dem entsprechenden Eigennamen des Kontrollsatzes werden nicht signifikant (Abbildung 18).

Tabelle 20: Signifikante Interaktionen Elektrode x Distanz getrennt für Ellipsen und MI-Anaphern, angegeben wurde der innerhalb des Zeitbereichs kleinste und größte F-Wert (H-F korrigiert)

| | Zeit | Minimum | Maximum |
|------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| Ellipse | 120-200 ms | $F(18,252)=1.41, p=0.0544$ | $F(18,252)=1.70, p=0.0392$ |
| MI-Anapher | 360-440 ms | $F(18,252)=1.39, p=0.0539$ | $F(18,252)=1.66, p=0.0401$ |



— Ellipse fern: Werner schenkt Lisa einen Ring aus purem Gold und Josef [] Anna...
 ---- Ellipse nah: Werner, ein reicher Bankier, schenkt Lisa einen Ring und Josef [] Anna...

Abb. 15: EK-Potentiale nach elliptischen Satzkonstruktionen getrennt für ferne und nahe Distanzen (n=15). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung des Eigennamens bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

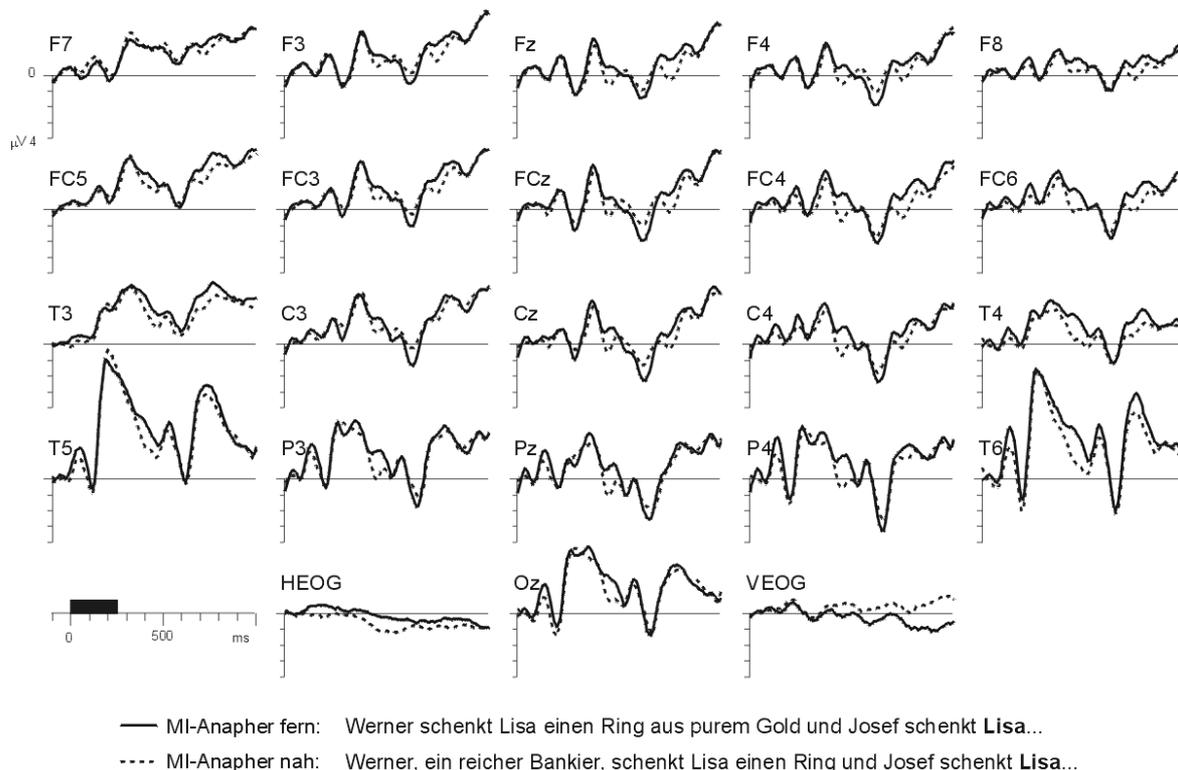


Abb. 16: EK-Potential nach MI-Anaphern getrennt für ferne und nahe Distanzen (n=15). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung des Eigennamens bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

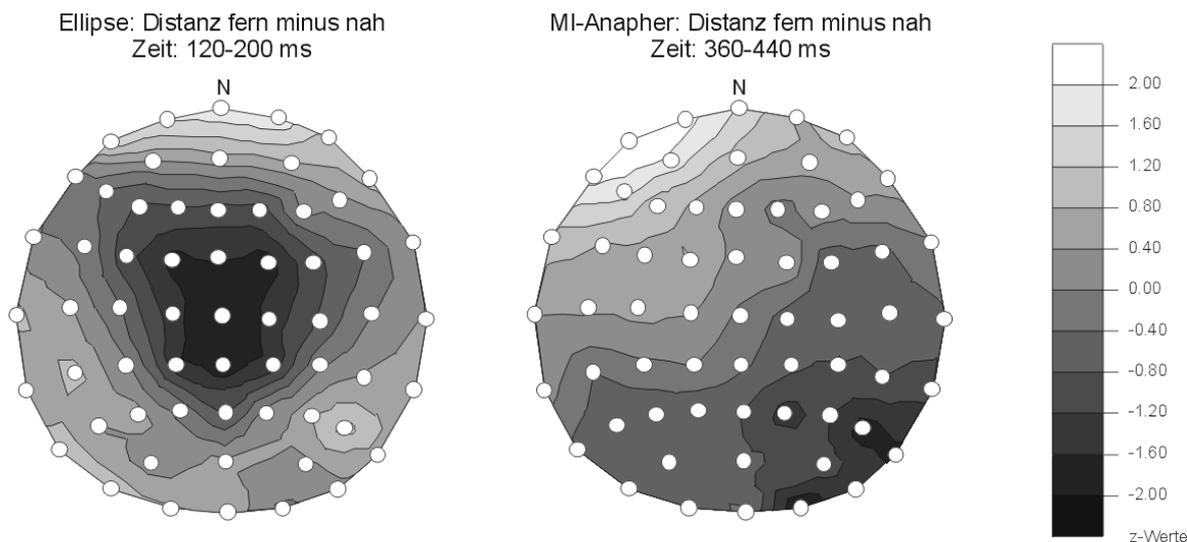


Abb. 17: Z-standardisierte Differenztopographien Distanz fern minus nah nach elliptischen Verweisen (links) und MI-Anaphern (rechts) für die in der statistischen Analyse signifikant gewordenen Zeitfenster. Die Topographien wurden mit dem Verfahren der linearen Interpolation erstellt. Eine dunklere Schattierung indiziert eine stärkere Negativierung für die ferne Distanzen.

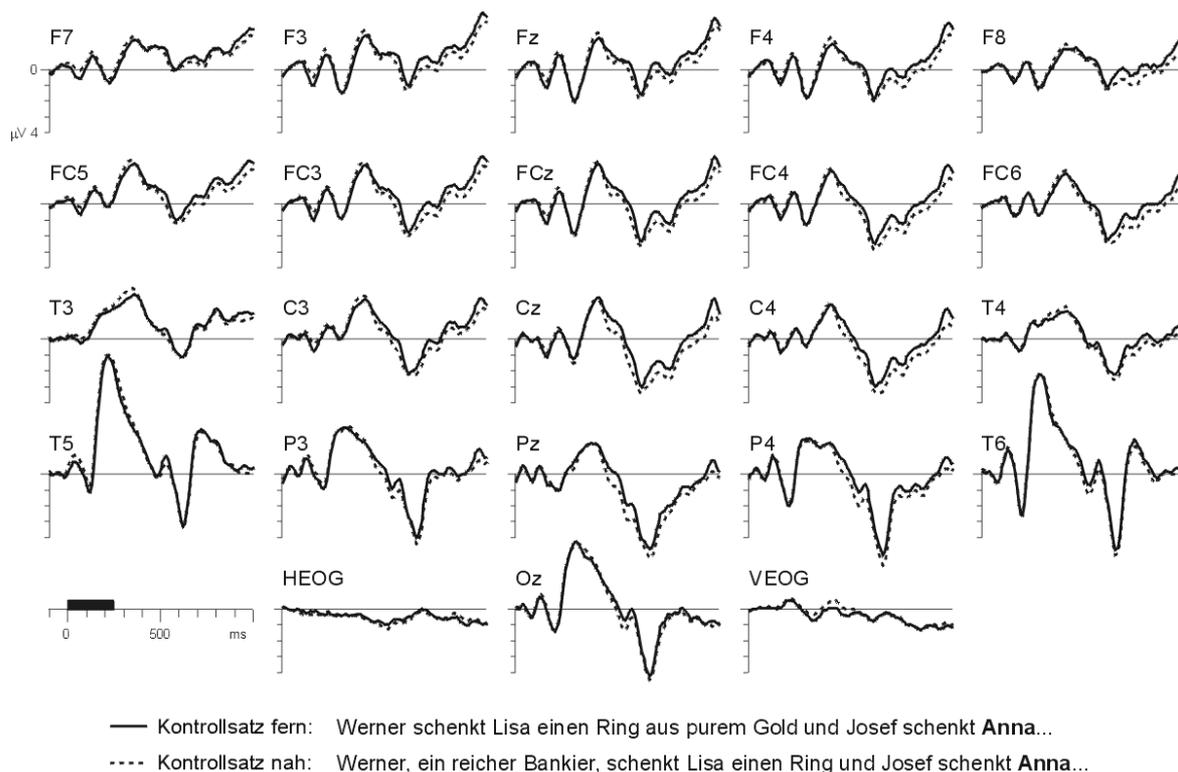


Abb. 18: EKP-Potentiale in Kontrollsätzen getrennt für ferne und nahe Distanzen ($n=15$). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung des Eigennamens bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

Zur weiteren Aufschlüsselung des signifikanten Haupteffektes Anapher bzw. der signifikanten Interaktion Elektrode \times Anapher wurden die beiden anaphorischen Verweise, Ellipse und MI-Anapher, jeweils mit dem Kontrollsatz verglichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

Der Vergleich mit der MI-Anapher offenbart im Zeitfenster von 480 bis 840 ms eine signifikante Interaktion Elektrode \times Anapher, dieser Effekt zeigt eine sehr breite Verteilung (Elektroden: C3, C4, Cz, P3, P4, Pz, T4, T5, T6 und Oz; siehe Anhang 12). Wie Abbildung 19 zu entnehmen ist, ist die Amplitude der MI-Anapher in diesem Zeitbereich weniger positiv als die des Kontrollsatzes.

Der Vergleich des Kontrollsatzes mit der elliptischen Konstruktion liefert drei signifikante Zeitfenster: Wie auch in Abbildung 19 zu erkennen ist, ist der Kontrollsatz in einem sehr frühen Zeitbereich (40 bis 160 ms) negativer als die elliptische Konstruktion. Dieser Effekt hat sein Maximum über dem frontalen Kortex: Eine Analyse pro Zeitfenster und Elektrode wird an den Kanälen F3, F7, F8, FC3, Fpz und Fz signifikant. Im Zeitbereich von 320 bis 480 ms (signifikant an Cz, P3, P4, Pz, T3, T5, T6 und Oz) sowie

im Zeitbereich von 520 bis 880 ms (signifikant an P3, P4, Pz, T6 und Oz) ist die elliptische Konstruktion über dem zentroparietalen Kortex negativer als der Kontrollsatz (siehe Anhang 13).

Tabelle 21: Signifikante Effekte der paarweisen Kontraste des Faktors Anapher; angegeben wurde der innerhalb des Zeitfensters kleinste und größte F-Wert (H-F korrigiert)

| | | Zeit | Minimum | Maximum |
|-----------------------------|-------|------------|--------------------------|--------------------------|
| Ellipse vs. Kontrollsatz | E x A | 40-160 ms | F(18,252)=3.48, p=0.0089 | F(18,252)=6.19, p=0.0001 |
| | | 320-480 ms | F(18,252)=2.70, p=0.0426 | F(18,252)=3.88, p=0.0109 |
| | | 520-880 ms | F(18,252)=3.44, p=0.0205 | F(18,252)=6.73, p=0.0002 |
| MI-Anapher vs. Kontrollsatz | E x A | 480-840 ms | F(18,252)=2.87, p=0.0381 | F(18,252)=9.60, p=0.0001 |

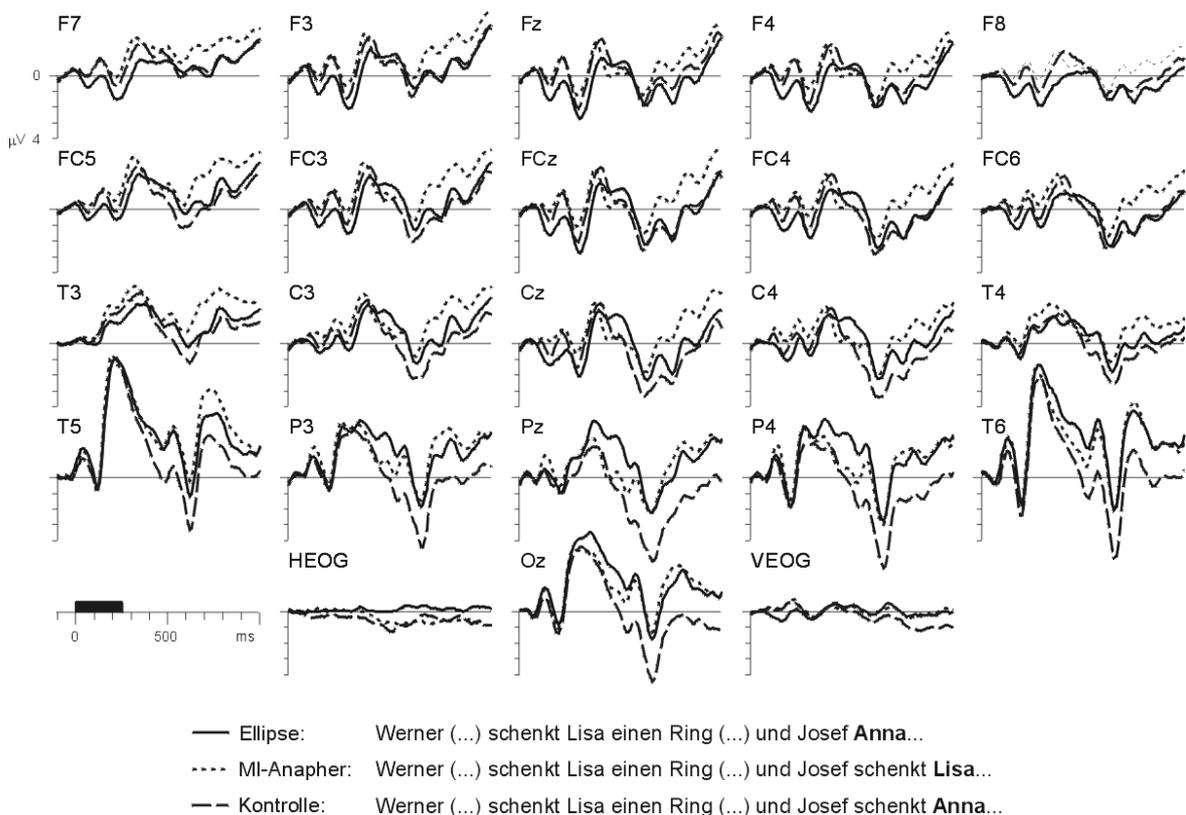


Abb. 19: EK-Potentiale nach Ellipsen, wiederholten Eigennamen (MI-Anapher) und nicht anaphorischen Eigennamen (Kontrolle) gemittelt über kleine und große Distanzen (n=15). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

Da mit dem Vergleich von Ellipse und Kontrollsatz ein Vergleich verschiedener Satzpositionen einhergeht, kann ein Teil der beobachteten Effekte auch auf unterschiedliche Baselinebedingungen zurückgeführt werden. Dem Objekt der elliptischen Konstruktion („Anna“) geht das Subjekt („Josef“) voraus, wohingegen das Objekt des Kontrollsatzes („Anna“) dem Verb („schenkt“) folgt. Um die Potentialantwort in einer identischen Baselinebedingung vergleichen zu können, wird in einer zweiten Analyse das ereigniskorrelierte Potential des Objektes der elliptischen Konstruktion („Anna“) mit dem Verb des Kontrollsatzes („schenkt“) verglichen. Wie Abbildung 20 zeigt, löst die Ellipse im Vergleich zu dem Verb eine relativ stärkere Positivierung aus. Die Varianzanalyse liefert eine signifikante Interaktion Elektrode x Ellipse/Verb für den Zeitbereich von 520 bis 800 ms (Minimum: $F(18,252)=3.50$, $p=0.0149$; Maximum: $F(18,252)=12.26$, $p=0.0001$). Das Maximum des Effektes liegt über dem parieto-temporalen Kortex (siehe Anhang 14).

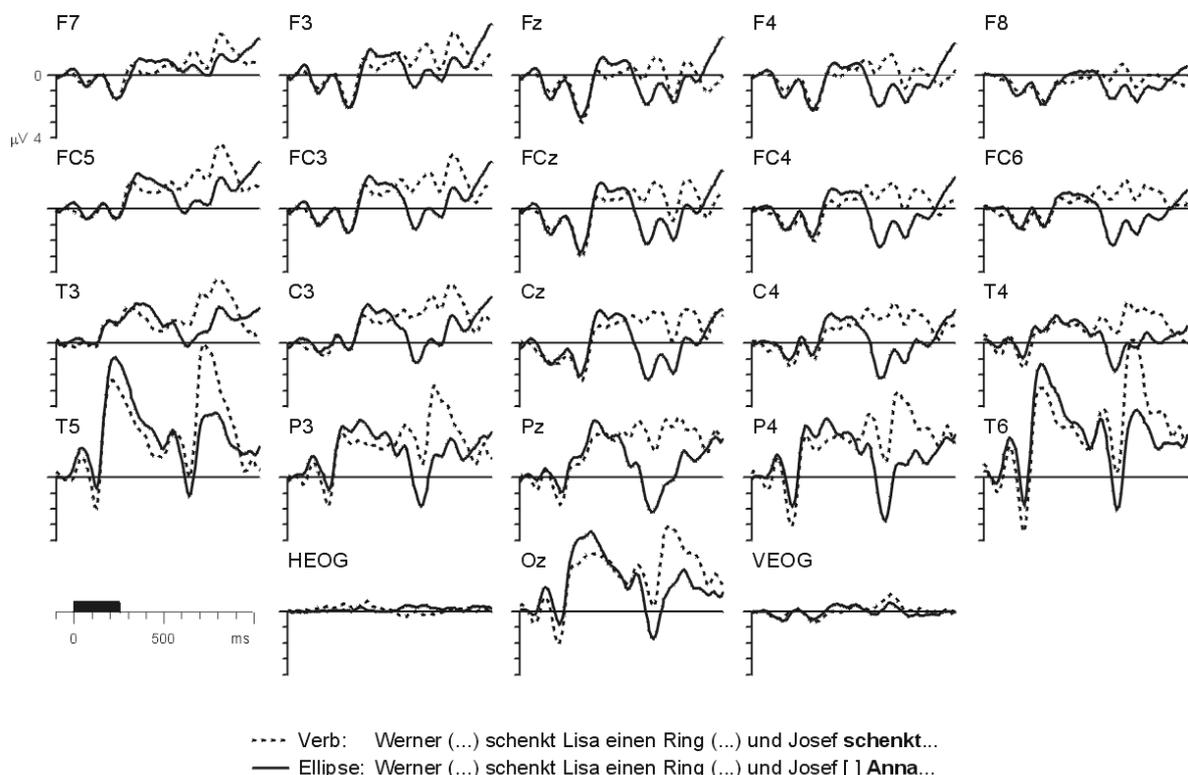


Abb. 20: EK-Potentiale nach Ellipsen und Verben gemittelt über große und kleine Distanzen ($n=15$). Abgebildet sind 23 von 61 Kanälen. Die EKP-Antwort ist auf eine Baseline von 100 ms vor Beginn der Darbietung der Anapher bezogen. Negative Werte sind nach oben abgetragen.

7.3 Diskussion

7.3.1 Verhaltensdaten

Sowohl in der Lesezeit als auch in der Antwortlatenz zeigt sich eine Tendenz, daß Sätze mit anaphorischen Verweisen dann schneller verarbeitet werden, wenn Anapher und Antezedent nah beieinander stehen. Der Faktor Distanz wirkt sich also auch innerhalb eines Satzes aus und nicht nur - wie in Experiment 1 gezeigt - über Satzgrenzen hinweg.

Im zweiten Kapitel dieser Arbeit wurde erörtert, daß die Suche nach einem passenden Antezedenten innerhalb eines Satzes vermutlich linear von links nach rechts (Corbett & Chang, 1983), außerhalb eines Satzes jedoch von rechts nach links erfolgt (Clark & Sengul, 1979; siehe Experiment 1). Das Material der vorliegenden Arbeit ist bezüglich der Satzgrenze nicht eindeutig, da zwei Hauptsätze durch ein „und“ verbunden wurden. Die Reaktionszeitergebnisse legen allerdings nahe, daß in diesem Fall die Suche, ebenso wie über Satzgrenzen hinweg, von rechts nach links erfolgt.

Weiterhin zeigen die Verhaltensdaten, daß zum Lesen der Kontrollsätze mehr Zeit benötigt wird als zur Bearbeitung einer MI-Anapher. Der Vergleich dieser beiden Bedingungen impliziert einen Vergleich eines wiederholten Eigennamens mit der erstmaligen Nennung eines weiteren Eigennamens. Vermutlich zeigt sich hier ein mit dem anaphorischen Verweis verbundener Wortwiederholungseffekt (=repetition priming). Alternativ dazu kann jedoch auch folgender Zusammenhang angenommen werden: Da während der Verarbeitung des nicht-anaphorischen Kontrollsatzes im Gegensatz zur Verarbeitung des MI-anaphorischen Satzes keine Verknüpfung zu einer bestehenden Proposition vorgenommen werden kann, muß hier eine zusätzliche Substruktur angelegt werden (Gernsbacher, 1990), was sich in der Verlangsamung der Lesezeit abbildet.

7.3.2 EKP-Studie

7.3.2.1 Langsame Potentiale

Der Reaktionsverlauf der langsamen Potentiale dieses Experimentes ähnelt den vorangehenden Experimenten, auch hier können eine langsam ansteigende Negativierung

(CNV) während der Verarbeitung des Satzes, eine ausgeprägte Positivierung am Ende des Satzes und eine weitere CNV in Erwartung der Frage beobachtet werden. In den hier untersuchten Sätzen tritt die Positivierung, die typischerweise am Ende eines Satzes beobachtet wurde, bereits nach dem ersten (Teil-) Satz auf. D. h. die Positivierung ist mit dem Ende eines vollständigen Satzes verknüpft, unabhängig davon, ob dieser von dem folgenden Satz durch eine Konjunktion („und“) oder durch ein Satzzeichen (Punkt) getrennt wird.

7.3.2.2 *Phasische Potentiale*

Die Analyse der phasischen Potentiale erlaubt zwei Vergleiche, zum einen die Betrachtung des Faktors Distanz (a) und zum anderen eine Gegenüberstellung der drei verschiedenen Anaphertypen (b).

zu (a): Der Faktor Distanz wirkt sich bei elliptischen Konstruktionen und bei MI-Anaphern unterschiedlich aus. Bei Ellipsen findet sich nach fernen Distanzen eine fronto-zentrale, sehr frühe Negativierung, bei MI-Anaphern dagegen eine zeitlich spätere Negativierung über dem rechten parieto-temporalen Kortex. Elliptische Konstruktionen „reagieren“ also sehr viel früher auf Variationen der Distanz als MI-Anaphern. Dieser Befund steht im Einklang mit der Annahme von Sag und Hankamer (1984), wonach die Integration von Ellipsen auf der Basis des Oberflächenmodells, die Integration von MI-Anaphern auf der Basis eines Situationsmodells geschieht. Das sprachverarbeitende System kann auf das Oberflächenmodell schneller zugreifen als auf das Situationsmodell. Bei der frühen fronto-zentralen Negativierung, in der sich die nach Ellipsen für nahe und ferne Distanzen unterschiedlich starke Beanspruchung des Systems widerspiegelt, könnte es sich um einen LAN-ähnlichen Effekt handeln. Eine LAN reflektiert die Aktivität des Parsers bei einer syntaktischen Erwartungsverletzung. Sie ist dann umso negativer, je stärker die Kapazität des verbalen Arbeitsgedächtnisses zur Verarbeitung der (folgenden) Satzstruktur benötigt wird. (Neville, Nicol, Barss, Forster & Garrett, 1991; Rösler, Pechmann, Streb, Röder & Hennighausen, 1998). Bei einem Vergleich der in diesem Experiment beobachteten LAN mit dem von Rösler et al. (1998) erörterten LAN-Effekt infolge eines syntaktischen Markers, der eine nicht-präferierte Satzstruktur indiziert, treten folgende Ähnlichkeiten zu Tage. Bei der Strukturierungsarbeit des Parsers tritt in beiden Fällen ein syntaktisch „ungewöhnliches“ Wort auf. In der Studie von Rösler et al. ist dies ein nicht-

kanonischer Artikel, der z. B. das indirekte Objekt an der für das Subjekt des Satzes „reservierten“ Position ankündigt. In Experiment 3 ist dies eine Subjekt-Objekt-Konstruktion, die auf eine elliptische Konstruktion verweist. Daraufhin versucht der Parser die erwartete Satzstruktur der veränderten Syntax anzupassen. Im Falle des nicht-kanonischen Markers muß der noch unbesetzte Rollenslot für das Subjekt des Satzes freigehalten werden, im Fall der Anapher wird die Leerstelle mit dem entsprechenden Verb gefüllt. Die LAN in Experiment 3 war umso negativer, je weiter Anapher und Antezedent voneinander entfernt stehen. Die Zuweisung des entsprechenden Verbes in die Leerstelle geschieht offensichtlich unmittelbar, und ist dann erschwert, wenn sich der Antezedent nicht in unmittelbarer Nähe der Anapher bzw. nicht im Fokus der Aufmerksamkeit befindet. Die LAN, so kann angenommen werden, reflektiert die Strukturierungsarbeit des Parsers. Einschränkend sei jedoch darauf hingewiesen, daß die in Kapitel 3 beschriebenen LAN-Modulationen zeitlich später auftreten (ab 300 ms) und topographisch sehr viel stärker linkslateralisiert sind.

Die nach MI-Anaphern beobachtete parietale Negativierung bestätigt die in Experiment 1 vorgefundenen Ergebnisse: die Variation der Distanz zwischen Antezedent und wiederholtem Eigennamen (=MI-Anapher) bildet sich in der Amplitudenhöhe des N400-Effektes ab. Je weiter die Anapher vom jeweiligen Antezedent entfernt ist, desto größer die Negativierung.

Die EKP-Befunde legen die Vermutung nahe, daß bei der Verarbeitung von Ellipsen und MI-Anaphern unterschiedliche Strukturen beansprucht werden. Ob es sich bei den zugrundeliegenden Prozessen jedoch um einen Kopierprozeß oder um plausibles Schlußfolgern handelt, ist aufgrund der vorliegenden Daten nicht zu entscheiden.

Zur Interpretation des Befundes kann kritisch angemerkt werden, daß der Vergleich des Verknüpfungsprozesses der Ellipse mit dem der MI-Anapher konfundiert sei durch den Verweis auf zwei unterschiedlichen Wortklassen zugehörigen Antezedenten. So muß im Fall der Ellipse das Verb des ersten Satzes „eingefügt“ werden und im Fall der MI-Anapher ein Nomen. Obwohl zahlreiche Experimente, die die kortikale Repräsentation von Nomen und Verben untersuchen, wortklassentypische Reaktionsmuster bzw. distinkte kortikale Netzwerke für Nomen und Verben postulieren (Caramazza & Hillis, 1991; Damasio & Tranel, 1993; Daniele, Giustolino, Silveri, Colosimo & Gainotti, 1994; Preissl, Pulvermüller, Lutzenberger & Birbaumer, 1995; Gomes, Ritter, Tartter, Vaughan & Rosen, 1997), zeigt ein direkter Vergleich des ereigniskorrelierten Potentials für Nomen und

Verben keine Unterschiede. Streb, Haan und Rösler (in prep.) verglichen in einem Bahnungsexperiment das von Nomen evozierte ereigniskorrelierte Potential mit dem von Verben generierten Signal. Sie beobachten lediglich im Bereich der N400 eine stärkere Negativierung für Verben im Vergleich zu Nomen. Eine wortgruppenspezifische frühe linksantere Aktivierung wurde nicht nachgewiesen. Wenn nun ein direkter Vergleich der beiden Wortgruppen keine Unterschiede in der in Experiment 3 beobachteten Richtung zeigt, dann sollte auch der anaphorische Verweis auf Nomen und Verben vom Faktor Wortgruppe unbeeinflusst sein. Eine mögliche Konfundierung des Vergleichs des Verknüpfungsprozesses der Ellipse mit dem der MI-Anapher durch den Verweis auf zwei unterschiedlichen Wortklassen zugehörigen Antezedenten kann folglich ausgeschlossen werden.

zu (b): Die Analyse der drei Anaphertypen ergibt folgendes Bild: Der erste Paarvergleich, MI-Anapher versus Kontrollsatz, ermöglicht die Gegenüberstellung eines anaphorisch gebrauchten Eigennamens mit der Darbietung eines neuen Eigennamens in soweit identisch konstruierten Sätzen. Es zeigt sich, daß die EKP-Antwort auf die MI-Anapher im Zeitbereich von 480 bis 840 ms weniger positiv ist als die des neuen Eigennamens. Eine der ersten EKP-Untersuchungen zum Wortwiederholungseffekt innerhalb eines Textes wurde von Van Petten, Kutas, Kluender, Mitchiner und McIsaac (1991) durchgeführt. Sie konnten zeigen, daß sich die Wiederholung eines Wortes auf zwei EKP-Komponenten auswirkt: die N400 und eine späte Positivierung. Beide Effekte werden durch die wiederholte Darbietung eines Wortes reduziert. Der im vorliegenden Experiment beobachtete späte, räumlich sehr breit verteilte Effekt ähnelt der von Van Petten et al. beschriebenen späten Positivierung. Auch im vorliegenden Fall ist die Positivierung der wiederholten Darbietung, also das Potential der MI-Anapher, im Vergleich zum Kontrollsatz reduziert. Laut Van Petten et al. reflektiert die späte Positivierung den „Aktualisierungsprozeß“ des Arbeitsgedächtnisses. Sie tritt dann auf, wenn ein neues Wort im Langzeitgedächtnis aufgefunden und in das aktuelle Textmodell integriert werden muß. Beide Gedächtnisprozesse sind im Fall einer Wortwiederholung nicht mehr notwendig. Warum im vorliegenden Vergleich keine Modulation der N400 beobachtet wird, darüber kann nur spekuliert werden: Vergleicht man das Design des Experimentes dieser Arbeit mit anderen Arbeiten zum Wortwiederholungseffekt (Abrams, Dyer & MacKay, 1996; Paller, 1993; Rugg, 1987; Rugg, 1990; Rugg, 1995; Rugg & Doyle, 1994; Rugg & Nagy, 1987; Schloerscheidt & Rugg, 1997; Van Petten et al., 1991), so fällt auf, daß letztere jeweils die

erste und zweite Präsentation desselben Wortes miteinander vergleichen. In keiner der zitierten Arbeiten wurde, so wie in Experiment 3, die zweite Präsentation eines Wortes der Präsentation eines neuen Wortes an identischen Satz-/Diskurspositionen gegenübergestellt.

Der zweite Vergleich - Ellipse versus Kontrollsatz - basiert nicht auf identischen Baselinebedingungen. Der Ellipse, also dem Objekt des elliptisch verkürzten Satzes, geht unmittelbar das Subjekt voraus, wohingegen dem Kontrollsatz das Verb des zweiten Teilsatzes vorausgeht. Zur Abgrenzung der einzelnen Effekte wurde die Ellipse daher einerseits mit dem Objekt und andererseits mit dem Verb des Kontrollsatzes verglichen.

Der Vergleich der Ellipse mit dem Objekt des Kontrollsatzes zeigt eine für letztere relativ stärkere frühe linksanteriore Negativierung. Da die Kurven jedoch bereits 40 ms nach Darbietungsbeginn signifikant verschieden sind, muß davon ausgegangen werden, daß dieser Unterschied unter Umständen nicht unmittelbar mit der Darbietung des kritischen Wortes zusammenhängt, sondern auf Unterschiede in der Baseline zurückzuführen ist. Weiterhin unterscheiden sich Ellipse und Kontrollsatz im Zeitbereich von 320 bis 480 ms und im Zeitbereich von 520 bis 880 ms. Beide Effekte haben ihr Maximum über dem parietalen Kortex und in beiden Fällen ist die elliptische Konstruktion negativer als die nicht-elliptische. Ähnlich wie für die sehr frühe Negativierung kann auch für diesen späten N400-ähnlichen Effekt angenommen werden, daß er mit der relativen Position des kritischen Wortes korreliert ist. Der Vergleich von Ellipse und Kontrollsatz impliziert den Vergleich eines Wortes an 11. Position mit einem Wort an 12. Position innerhalb eines Satzes. Van Petten und Kutas (1990) untersuchten das ereigniskorrelierte Potential auf Wörter entsprechend ihrer Ordinalposition im Satz und konnten zeigen, daß die Amplitude der N400 zum Ende des Satzes hin stetig abnimmt.

Vergleicht man die Ellipse mit dem Verb des Kontrollsatzes, so zeigt sich, daß die elliptische Konstruktion eine parietale Positivierung im Zeitbereich von 520 bis 800 ms evoziert. Verlauf und Topographie dieses Effekts ähneln der in Kapitel 3 dargestellten P600-Komponente. Die P600 tritt auf, wenn das sprachverarbeitende System auf eine semantisch-syntaktische Inkongruenz trifft. Im Fall der elliptischen Konstruktion wird anstelle des erwarteten Verbes das Objekt des zweiten Teilsatzes präsentiert. Die aufgrund der „üblichen“ Phrasenstruktur vorgebahnte Wortkategorie Verb kann mit dem Input eines Nomens nicht ausgefüllt werden, weshalb die Verarbeitung des Objekts der elliptischen Konstruktion von einer größeren P600-Amplitude begleitet wird. Dieser Befund, der möglicherweise eine „Phrasenstrukturpräferenzverletzung“ abbildet, steht im Einklang mit

den Ergebnissen zu Phrasenstrukturverletzungen. In Kapitel 3.2.2.2 dieser Arbeit wurde im Zusammenhang mit syntaktischen Verletzungen erörtert, daß die Verletzung der Phrasenstruktur eine linksantere Negativierung sowie eine späte Positivierung nach sich zieht (Osterhout & Holcomb, 1992). Der vorliegende Befund zeigt, daß auch eine syntaktisch legale aber unübliche Phrasenstruktur eine Amplitudenmodulation im Bereich der P600 evoziert.

Zusammenfassung: Der Vergleich der Distanzmanipulation zeigt nach Ellipsen eine fronto-zentrale, sehr frühe Negativierung (LAN) und nach MI-Anaphern eine parieto-temporale, zeitlich spätere Negativierung (N400). Die anaphorische Auflösung von elliptischen Konstruktionen erfolgt, analog den Annahmen von Sag und Hankamer (1984), zeitlich früher und durch einen anderen Mechanismus als die von MI-Anaphern.

Die Gegenüberstellung der MI-Anapher mit dem Kontrollatz legt offen, welche Effekte des anaphorisch gebrauchten Eigennamens auf die Wortwiederholung zurückgehen. Die beiden Anaphertypen unterscheiden sich lediglich in einer späten Positivierung, die für den Kontrollatz stärker ausgeprägt ist als für die MI-Anapher. Eine Modulation des N400-Effektes zeigt sich nicht.

8 Allgemeine Diskussion

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Als wichtigste Ergebnisse der Arbeit können festgehalten werden:

1. Wird die Verfügbarkeit eines Antezedenten erschwert, dann zeigt das EK-Potential des MI-anaphorischen Verweises (Pronomen/wiederholter Eigenname) eine relative Negativierung über dem parietalen Kortex in Gestalt einer Modulation des N400-Effektes. Der Effekt tritt sowohl infolge einer Manipulation der Distanz zwischen Anapher und Antezedent als auch infolge einer Manipulation der syntaktischen Parallelität auf. Die topographische Verteilung ist nach Pronomen stärker rechtslateralisiert als nach Eigennamen.
2. Ein Vergleich von MI-Anaphern und elliptischen Konstruktionen, welchen Sag und Hankamer zufolge unterschiedliche Verknüpfungsprozesse (plausibles Schlußfolgern versus Kopierprozeß) zugrundeliegen, zeigt, daß sich die erschwerte Detektion eines Antezedenten nach elliptischen Konstruktionen im Gegensatz zu MI-Anaphern in einer frühen linksanterioren Negativierung bemerkbar macht.
3. Die Gegenüberstellung von Pronomen und wiederholten Eigennamen, welche auch eine Gegenüberstellung von Funktions- und Inhaltswörtern in identischen Satzkontexten impliziert, liefert zwei Effekte, eine für Pronomen stärkere frühe linksanteriore Negativierung (N280) und eine zeitlich spätere parietale Negativierung (N400), ebenfalls für Pronomen.

8.2 Diskussion

Das Verstehen eines zusammenhängenden Textes erfolgt mit Hilfe einer hierarchisch gegliederten Sequenz von Teilprozessen. Der Wahrnehmung und Verarbeitung einzelner Wörter folgt die Integration dieser in den Satzkontext und schließlich die Konstruktion einer mentalen Repräsentation des Textes. Ein wesentlicher Bestandteil der Konstruktion einer Textrepräsentation ist die Verknüpfung verschiedener Entitäten. Ein Ziel der

vorliegenden Studie war die Beobachtung dieses Teilprozesses. Dazu wurden Miniaturtexte konstruiert, in denen eine „Bedeutungsüberlappung“ durch den Gebrauch eines anaphorischen Verweises hergestellt wurde. Um den Verknüpfungsprozeß sichtbar zu machen, wurde die Schwierigkeit der Detektion des entsprechenden Antezedenten manipuliert. In den Experimenten 1 und 3 geschah dies über die Variation der Distanz zwischen Anapher und Antezedent, in Experiment 2 über die Variation der Parallelität der Satzstruktur. Die Ergebnisse der drei Experimente zeigen, daß sich der Verknüpfungsprozeß von (MI-)Anaphern in einer Modulation der N400 widerspiegelt: Die Amplitude der N400 war dann umso negativer, wenn eine Suchstrategie nicht zum Ziel führte und die Suche nach dem Antezedenten ausgeweitet werden mußte. Die Konstruktion einer mentalen Textrepräsentation erfolgt also, entsprechend der *immediacy hypothesis of reading* (Just & Carpenter, 1980, 1987; Carpenter & Just, 1983), unmittelbar während der Verarbeitung der Anapher, also unmittelbar während der Verarbeitung eines einzelnen Wortes.

In Kapitel 3 dieser Arbeit wurden drei Erklärungsmodelle des N400-Effektes diskutiert: automatische Aktivierungsausbreitung, erwartungsinduzierte Bahnung und semantische Integration. Auf der Basis der vorliegenden Ergebnisse muß das Erklärungsmodell des N400-Effektes möglicherweise etwas weiter gefaßt werden. Die N400 reflektiert unter Umständen nicht nur die semantische Nähe einzelner Wörter zueinander, sondern auch die semantische Nähe propositionaler Repräsentationen. Diese Schlußfolgerung bedingt ein semantisches Netzwerk, dessen Knoten nicht nur Konzepte (z. B. ein lexikalischer Knoten wie das Wort „Kuchen“, das den Gegenstand selbst bzw. die sprachliche Bezeichnung indiziert) sondern auch Propositionen (z. B. ein Verb und die dazugehörigen Argumente) bilden (siehe Kintsch, 1988). Die Repräsentation von Wissen in einem solchen Netzwerk hat den Vorteil eines gemeinsamen Formates für die Wissensbasis (=Lexikon) und die mentale Repräsentation eines Diskurses. Während der Textverarbeitung aktivieren die dargebotenen sprachlichen Reize die entsprechenden lexikalischen Knoten. Die jeweilige Bedeutung erhält das Konzept, indem eine kleine Anzahl seiner unmittelbar assoziierten Nachbarn aus dem generellen Wissensnetz selektiert wird. Dieser Prozeß korreliert mit der im ereigniskorrelierten Potential beobachtbaren N400-Modulation nach sehr kurzen SOAs, entsprechend Kiefer und Spitzer (eingereicht) zeigt sich nur dann der Einfluß der automatischen Aktivierungsausbreitung auf die N400-Amplitude. Da die Verarbeitung von Wörtern während eines natürlichen Sprachprozesses

jedoch stets innerhalb eines Kontextes steht, tritt die unbewußte, automatische Aktivierungsausbreitung zugunsten einer kontextuell geleiteten Aktivierungsausbreitung in den Hintergrund. Lediglich im Ein-Wort-Kontext ist der assoziierte Nachbar zur Bedeutungsextraktion entscheidend, im Kontext eines Satzes oder Textes wird diese von der Präsenz bereits elaborierter Propositionen bestimmt. Je stärker bestimmte (Makro-) Propositionen voraktiviert wurden, desto weniger zusätzliche „Arbeit“ muß das Netzwerk bei der Bedeutungszuweisung an ein einzelnes Wort leisten und desto geringer die N400 (siehe die Experimente dieser Arbeit sowie die Ergebnisse von St. George, Mannes & Hoffman, 1994; 1997). Wird nun eine Anapher wahrgenommen, so muß das sprachverarbeitende System einen passenden Antezedenten aktivieren. Befindet sich der Antezedent nicht unter den bereits aktivierten Konzepten, z. B. bei großen Distanzen zwischen Anapher und Antezedent oder bei nicht-parallelen Satzstrukturen, so findet eine Suche statt, wobei frühere Entitäten des Textes mit den anaphorischen Hinweisreizen der Anapher (z. B. Genus und Numerus) verglichen werden. Wird ein passender Antezedent gefunden, so wird die Suche abgebrochen und die Repräsentation der Anapher mit der des Antezedenten verknüpft.

Auf diese Weise entsteht ein zunehmend größeres und komplexeres Netzwerk aktivierter Knoten, die laut Kintsch (1988) zyklisch analysiert werden. Wie die Untersuchung langsamer Potentiale dieser und anderer Arbeiten zeigt, kommt es im Verlauf einer Satzverarbeitung zu einer langsam ansteigenden Negativierung, die am Ende eines Satzes bzw. eines Nebensatzes in eine ausgeprägte Positivierung mündet. Es kann nun spekuliert werden, daß erstere die sukzessiv zunehmende Aktivierung des Netzwerkes abbildet, während die einzelnen sprachlichen Inhalte (Konzepte, Propositionen und Makropropositionen) miteinander verknüpft werden. Zyklisch am Ende eines Satzes/Nebensatzes geschieht jeweils eine Art Transformation des aktivierten Netzwerkes in eine kompaktere und dauerhaftere Repräsentationsform. Möglicherweise reflektiert die jeweils am Satzende auftretende Positivierung (=closure positive shift) diesen Prozeß. Dabei werden die nur gering aktivierten Verbindungen/Elemente inhibiert, so daß nur die zu diesem Zeitpunkt am höchsten aktivierten Items als Teil der Diskursrepräsentation ins Langzeitgedächtnis übergehen. Diese bilden nun die kontextuelle Basis der Analyse weiterer Sätze/Nebensätze des Diskurses.

Eine Modulation der N400-Komponente in Abhängigkeit der Verfügbarkeit des Antezedenten zeigt sich also sowohl für Eigennamen als auch für Pronomen. Doch ist die

topographische Verteilung des Effektes in Experiment 1 und 2 nach Pronomen stärker rechtslateralisiert als nach Eigennamen. Eine ähnliche topographische Verschiebung des N400-Maximums beobachten auch van Berkum, Hagoort und Brown (1999a; 1999b). In einem EKP-Experiment verglichen sie den Einfluß von Satz- und Diskurskontext auf die Ausprägung des N400-Effektes. Leitgedanke dabei war, vorliegende Theorien zur Verarbeitung lokaler und globaler Semantik einander gegenüberzustellen. So vermuten Fodor, Ni, Crain und Schankweiler (1996) sowie Perfetti (1990), daß die Bedeutung eines einzelnen Wortes zuerst mit dem lokalen Satzkontext verknüpft wird, bevor der „weitere“ Diskurs an Einfluß gewinnt. Clark (1996) und Gibbs (1984) andererseits erkennen keinen fundamentalen Unterschied zwischen den beiden Arten von Kontext. Van Berkum et al. konstruierten semantische Anomalien auf Satzebene analog Textbeispiel (50) und semantische Anomalien auf Diskursebene analog Textbeispiel (51).

(50) *Patiently the waiter served the troublesome **customer/train**.*

(51) *As agreed upon, Jane was to wake her sister and her brother at five o'clock in the morning. But the sister had already washed herself, and the brother had even got dressed. Jane told the brother that he was exceptionally **quick/slow**.*

Zum Vergleich wurde der N400-Effekt im Satz- bzw. Diskurskontext, d. h. die Differenz zwischen der semantisch inkorrekten („*train*“ und „*slow*“) und der semantisch korrekten („*customer*“, „*quick*“) Vervollständigung des jeweiligen Satzes, herangezogen. Es zeigte sich ein identischer Zeitverlauf und eine recht ähnliche Topographie der beiden N400-Effekte, wobei die Autoren angeben, daß der Effekt im Diskurskontext zwar ebenso wie der Effekt im Satzkontext ein zentroparietales Maximum aufweist, doch scheint ersterer etwas stärker lateral nach rechts verschoben zu sein.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine stärkere Rechtslateralisierung des N400-Effektes nach pronominalen Verweisen beobachtet. Mit Bezug auf das Experiment von van Berkum et al. kann vermutet werden, daß Pronomen im Gegensatz zu Eigennamen die Einbindung des Diskurskontextes verlangen. Dieses Ergebnis stützt die in Kapitel 2.2 dargestellten theoretisch postulierten Unterschiede zwischen Pronomen und Eigennamen. Dort wird erörtert, daß sich Pronomen im Gegensatz zu Eigennamen durch eine starke Kontextabhängigkeit auszeichnen und die Bedeutung eines Pronomens nur unter Berücksichtigung des bisherigen Diskurskontextes kreiert werden kann.

Die Bedeutungszuweisung von Pronomen und Eigennamen geschieht also innerhalb des semantischen Netzwerkes, doch welche Prozesse kommen bei der Integration elliptischer Anaphern zum Tragen? Hier zeigte sich keine Modulation der N400-Amplitude, sondern eine frühe frontale Negativierung. Eine elliptische Anapher wird vom sprachverarbeitenden System nicht innerhalb des semantischen Netzwerkes elaboriert, sondern sie stellt eine syntaktische „Herausforderung“ dar. Analog zu der von Kutas und Kluender (1994) durchgeführten Untersuchung sogenannter *filler-gap*-Abhängigkeiten (siehe Teil 3.2.2.1) finden sich auch in den elliptischen Konstruktionen der vorliegenden Arbeit „leere Elemente“, die von anderen Konstituenten „kontrolliert“, bzw. von einer anderen Konstituente in ihrer Interpretation bestimmt werden. Folgt man Chomsky (1981, zitiert nach Vater, 1996) in seinen Ausführungen zur Grammatik, dann ist für die Interpretation leerer Elemente die Kontrolltheorie relevant. Möglicherweise sind elliptische Konstruktionen (analog zu Reflexivpronomen) in ihrer regierenden Kategorie gebunden, wohingegen Pronomen - entsprechend der Bindungstheorie - in ihrer syntaktischen Domäne frei sind. Beide Theorien stellen Teilsysteme der Rektions- und Bindungstheorie (engl. *Government Binding Theory*) dar, wie sie Chomsky (1981) formulierte.

Neben der Untersuchung von Prozessen des Textverstehens bot die vorliegende Arbeit die Möglichkeit, Inhalts- und Funktionswörter in identischen Satzkontexten miteinander zu vergleichen. Die in Kapitel 4 vorgestellte Literatur zeigt, daß sich Funktions- und Inhaltswörter hauptsächlich in drei ereigniskorrelierten Reaktionsmustern unterscheiden: der N280, der N400-700 und der N400.

Die N280, so wurde von Neville, Mills und Lawson (1992) gefunden, ist ein „reiner“ Wortklasseneffekt, welcher den schnellen und automatischen Zugriff auf Wörter der geschlossenen Klasse reflektiert. Auch in den Experimenten 1 und 2 konnte bei einem Vergleich von Pronomen und Eigennamen eine für erstere stärkere frühe linksanteriore Negativierung beobachtet werden. Dieser N280-ähnliche Effekt trat unabhängig von den jeweiligen experimentellen Manipulationen auf. Im Zusammenhang mit den oben dargestellten Erörterungen zur N400 kann vermutet werden, daß die N280 die Erkennensleistung eines Pronomens „an sich“ ebenso wie den Zugriff auf alle anderen funktional bedeutsamen Funktionswörter abbildet. Die inhaltliche Bedeutung, also daß z. B. das Pronomen „sie“ die Person „Lisa“ indiziert, wird jedoch zeitlich erst später erfaßt. Dieser Prozeß ist vermutlich mit der Ausprägung der N400-Amplitude verknüpft (s. o.).

Einen N400-700-Effekt, also eine zeitlich spätere Negativierung über frontalen Kortexarealen, zeigt sich in dieser Arbeit nicht beim Vergleich von Eigennamen und Pronomen. Die zeitlich spätere N400-700 weist eine zur N280 ähnliche topographische Verteilung auf, was die Vermutung nahelegt, daß beide Effekte vom gleichen System erzeugt werden. Dieser Effekt, so Neville et al., scheint ebenso wie die N280 von Wortlänge und -häufigkeit unbeeinflußt. Van Petten und Kutas (1991) konnten zeigen, daß die N400-700 mit der Entwicklung eines kongruenten Satzes verknüpft ist: Bei Darbietung von Zufallswortketten oder syntaktisch legalen aber semantisch illegalen Sätzen wurde keine N400-700 ausgelöst, der Effekt trat nur in kongruenten Sätzen auf und wurde dort zum Satzende hin immer ausgeprägter. Dieses Ergebnis, so die Autoren, läßt vermuten, daß die N400-700 nicht per se zwischen Funktions- und Inhaltswörtern unterscheidet, sondern mit der funktionalen Rolle dieser Wörter in ihrem Kontext zusammenhängt. Die funktionale Rolle eines Funktionswortes determiniert die korrekte Verbindung der Inhaltswörter eines Satzes. Da Funktionswörter nun in der Regel am Anfang einer Phrase stehen, vermuten die Autoren, daß die N400-700, ähnlich einer CNV (= *contingent negative variation*), das Warten auf ein Ereignis signalisiert, im Falle der N400-700 das Warten auf den Kopf einer Phrase. Wenn diese Hypothese zutrifft, so ist zu erwarten, daß nach einem Pronomen kein N400-700-Effekt auftritt, denn ein Pronomen steht im Gegensatz zu anderen Funktionswörtern (wie z. B. „nach“, „ohne“, „der“) bereits für eine vollständige in sich geschlossene Phrase. In den Experimenten 1 und 2 konnten Pronomen und Eigennamen anhand der Ausprägung des N400-700-Effektes nicht unterschieden werden. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme von Van Petten und Kutas bezüglich der funktionalen Bedeutung des Effektes.

Der dritte Effekt, der als Unterschied zwischen Funktions- und Inhaltswörtern berichtet wurde, ist für die Wortklasse am wenigsten spezifisch: der N400-Effekt. Der in Experiment 1 und 2 vorgenommene Vergleich von Eigennamen und Pronomen zeigt reliabel einen für Eigennamen reduzierten N400-Effekt. Die Richtung des Effektes weicht, wie unter Punkt 5.4.2.2 und Punkt 6.3.2.2 diskutiert, von der in der Literatur beschriebenen Richtung ab. Bislang war immer beobachtet worden, daß die Amplitude des N400-Effektes nach Inhaltswörtern aufgrund ihrer geringeren Frequenz und erschwerten Vorhersagbarkeit relativ stärker negativ war als nach Funktionswörtern. In Kapitel 5.3.2.2 wurde als Erklärungsmöglichkeit eine infolge der wiederholten Darbietung des Eigennamens abgeschwächte N400 in Betracht gezogen. Doch Experiment 3, in dem die

ereigniskorrelierte Antwort nach Präsentation eines wiederholten Eigennamens mit der eines neuen Eigennamens verglichen wurde, zeigt, daß sich die Wiederholung lediglich in einer späten Positivierung manifestiert, die N400 aber nicht betroffen ist. Über die Ursache des für Pronomen im Vergleich zu Eigennamen größeren N400-Effekts kann auf der Grundlage der jetzigen Befundlage nur spekuliert werden: Möglicherweise ist die N400-Amplitude nach pronominalen Verweisen deshalb negativer, da Pronomen im Vergleich zu Eigennamen lexikalisch transparenter sind und ihre Bedeutung nicht als lexikalischer Eintrag abgerufen werden kann, sondern auf der Basis des Kontextwissens kreiert werden muß, was u. U. eine stärkere Aktivierungsausbreitung im semantischen Netzwerk zur Folge hat.

8.3 Ausblick

Der Großteil der Studien zum Sprachverstehen, die sich die Methode der ereigniskorrelierten Potentialmessung zunutzemachen, beschäftigt sich mit der Untersuchung einzelner Wörter, Wortpaare oder isolierter Sätze. Der Sprachverstehensprozeß ist jedoch nur in Ausnahmefällen auf einen derart begrenzten Kontext angewiesen. In der Regel steht dem Leser/Zuhörer Vorwissen zur Verfügung, das für die Integration der neu hinzukommenden Information genutzt wird. Ein wesentliches Merkmal dabei ist die Verknüpfung alter und neuer Informationen mittels anaphorischer Verweise, die dem Rezipienten sprachlicher Äußerungen dabei helfen, eine mentale Repräsentation zu konstruieren. Primäres Ziel dieser Arbeit war, diese Prozesse im EKP sichtbar zu machen und auf diese Weise einen neuen Einsatzbereich der Methodik aufzuzeigen. Im EK-Potential bilden sich nicht nur Prozesse der Worterkennung und Satzverarbeitung valide und zuverlässig ab, sondern auch Prozesse des Textverstehens.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Arbeit bestand darin, die Hirnaktivität während der Verarbeitung korrekten Satzmaterials zu analysieren. Nahezu alle der in der psychophysiologischen Sprachforschung bekannten ereigniskorrelierten Potentiale wurden mit Materialien untersucht, bei denen das sprachverarbeitende System auf eine semantische oder syntaktische Verletzung trifft. In den drei Experimenten dieser Arbeit wurde ausschließlich semantisch und syntaktisch korrektes Reizmaterial verwandt, und es konnte dennoch eine Modulation sprachbezogener EKP-Phänomene beobachtet werden. Ein Rückschluß auf die an der „normalen“ Sprachverarbeitung beteiligten Mechanismen kann

nur für die Reaktionsantworten vorgenommen werden, die sich auch während der Verarbeitung fehlerfreier Sätze zeigen. Dies schließt die Hoffnung ein, langfristig zu einem detaillierteren Verständnis der dem hochkomplexen Sprachverstehen zugrundeliegenden kortikalen Funktionen beitragen zu können.

9 Literaturverzeichnis

- Aborn, M., Rubinstein, H. & Sterling, T. D. (1959). Sources of contextual constraints upon words in sentences. *Journal of Experimental Psychology*, 57, 171-180.
- Abrams, L., Dyer, J. R., & MacKay, D. G. (1996). Repetition blindness interacts with syntactic grouping in rapidly presented sentences. *Psychological Science*, 7, 100-104.
- Allison, T., Wood, C. C. & McCarthy, O. (1986). The central nervous system. In M. G. H. Coles, E. Donchin & S. Porges (Hrsg.), *Psychophysiology: Systems, Processes and Applications* (S. 5-25). New York: Guilford Press.
- Anderson, J. R. & Bower, G. H. (1973). *Human associative memory*. Washington, DC: Winston.
- Ariel, M. (1990). *Accessing noun-phrase antecedents*. London: Routledge.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory. A proposed system and its control processes. In K. W. Spence (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation Vol. 2* (S. 89-195). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation Vol. 8* (S. 47-89). New York: Academic Press.
- Bentin, S., Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1995). Behavioral and electrophysiological evidence for semantic analysis of attended and unattended words during dichotic listening. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 54-67.
- Bentin, S., McCarthy, G. & Wood, C. C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60, 343-355.

- van Berkum, J. J. A., Brown, C. & Hagoort, P. (1999). Early referential context effects in sentence processing: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Memory and Language*, 41, 147-182.
- van Berkum, J., Hagoort, P., & Brown, C. (1999a). Semantic integration in sentences and discourse: Evidence from the N400. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11 (6), 657-671.
- van Berkum, J., Hagoort, P., & Brown, C. (1999b). Semantic integration in single sentences and stories: Evidence from the N400. *Journal of Cognitive Neuroscience, Supplement Proceedings of the Annual Meeting of the CNS*, 50.
- Besson, M. & Macar, F. (1987). An event-related potential analysis of incongruity in music and other non-linguistic contexts. *Psychophysiology*, 24, 14-25.
- Besson, M., Kutas, M. & Van Petten (1992). An event-related potential (ERP) analysis of semantic congruity and repetition effects in sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4 (2), 132-149.
- Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A. G. M. & Rockstroh, B. (1990). Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiological Reviews*, 70, 1-41.
- Boddy, J. (1986). Event-related potentials in chronometric analysis of primed word recognition with different stimulus onset asynchronies. *Psychophysiology*, 23, 232-245.
- Bradley, D. Garrett, M. & Zurif, E. B. (1980). Syntactic deficits in Broca's aphasia. In D. Caplan (Hrsg.), *Biological studies of mental processes* (S. 269-286). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bransford, J. D., Barclay, J. R., & Franks, J. J. (1972). Sentence memory: A constructive versus interpretative approach. *Cognitive Psychology*, 3, 193-209.
- Bransford, J. D. & Franks, J. J. (1971). The abstraction of linguistic ideas. *Cognitive Psychology*, 2, 331-350.
- Brown, C. & Hagoort, P. (1993). The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5 (1), 34-44.

- Brown, C., Hagoort, P. & ter Keurs, M. (1999). Electrophysiological signatures of visual lexical processing: open- and closed-class words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11 (3), 261-281.
- Caramazza, A. & Hillis, A. E. (1991). Lexical organization of nouns and verbs in the brain. *Nature*, 349, 788-790.
- Carpenter, P. A. & Just, M. A. (1983). What your eyes do while your mind is reading. In K. Rayner (Hrsg.), *Eye movement in reading: Perceptual and language processes* (S. 275-307). New York: Academic Press.
- Carreiras, M., Garnham, A., & Oakhill, J. (1993). The use of superficial and meaning-based representations in interpreting pronouns: Evidence from Spanish. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5 (1), 93-116.
- Chomsky, N. (1981). *Lectures on government and binding*. Dordrecht: Foris.
- Chwilla, D. J., Brown, C. M., & Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32, 274-285.
- Chwilla, D. J., Hagoort, P., & Brown, C. M. (1998). The mechanism underlying backward priming in a lexical decision task: Spreading activation versus semantic matching. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A (3), 531-560.
- Clark, H. H. (1996). *Using language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Clark, H. H. & Sengul, C. J. (1979). In search of referents for nouns and pronouns. *Memory and Cognition*, 7, 35-41.
- Clifton, C. & Ferreira, F. (1987). Discourse structure and anaphora: Some experimental results. In M. Coltheart (Hrsg.), *Attention and Performance XII: The Psychology of Reading* (S. 635-654). Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.
- Collins, A. Brown, J. S. & Larkin, K. M. (1980). Inference in text understanding. In R. J. Spiro, B. C. Bruce & W. F. Brewer (Hrsg.), *Theoretical issues in reading comprehension* (S. 385-407). Hillsdale, N. J.: Erlbaum.

- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 1-8.
- Corbett, A. T. & Chang, F. R. (1983). Pronoun disambiguation: Accessing potential antecedents. *Memory and Cognition*, 11, 283-294.
- Coulson, S., King, J. W. & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: Event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, 13 (1), 21-58.
- Crawley, R. A., Stevenson, R. J. & Kleinman, D. (1990). The use of heuristic strategies in the interpretation of pronouns. *Journal of Psycholinguistic Research*, 19, 245-264.
- Dale, A. & Sereno, M. (1993). Improved localization of cortical activity by combining EEG and MEG with RIM cortical surface reconstruction: A linear approach. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 162-176.
- Damasio, A. R. & Tranel, D. (1993). Nouns and verbs are retrieved with differently distributed neural systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 90, 4957-4960.
- Daneman, M. & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Daniele, A., Giustolisi, L., Silveri, M. C., Colosimo, C., & Gainotti, G. (1994). Evidence for a possible neuroanatomical basis for lexical processing of nouns and verbs. *Neuropsychologia*, 32 (11), 1325-1341.
- Dell, G. S., McKoon, G. & Ratcliff, R. (1983). The activation of antecedent information during the processing of anaphoric reference in reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 121-132.
- Ehrlich, K. & Johnson-Laird, P. N. (1982). Spatial descriptions and referential continuity. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21, 296-306.

- Ehrlich, K. & Rayner, K. (1983). Pronoun assignment and semantic integration during reading: Eye-movements and immediacy of processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 75-87.
- Fodor, J. D., Ni, W., Crain, S. & Schankweiler, D. (1996). Tasks and timing in the perception of linguistic anomaly. *Journal of Psycholinguistic Research*, 25 (1), 25-57.
- Frederiksen, J. R. (1981). Understanding anaphora: Rules used by readers in assigning pronominal referents. *Discourse Processes*, 4, 323-347.
- Friederici, A. D., Hahne, A. & Mecklinger, A. (1996). The temporal structure of syntactic parsing: Event-related potentials during speech perception and word-by-word reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 1219-1248.
- Friederici, A. D. & Mecklinger, A. (1996). Syntactic parsing as revealed by brain responses: First-pass and second-pass parsing processes. *Journal of Psycholinguistic Research*, 25 (1), 157-176.
- Friederici, A. D., Pfeifer, E. & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1, 183-192.
- Friederici, A. D. & Schoenle, P. W. (1980). Computational distinction of two vocabulary types: Evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 18, 11-20.
- Friedman, D., Simson, R., Ritter, W. & Rapin, I. (1975). The late positive component (P300) and information processing in sentences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 255-262.
- Garnham, A. & Oakhill, J. (1987). Interpreting elliptical verb phrases. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 611-627.

- Garrod, S. (1994). Resolving pronouns and other anaphoric devices: The case for diversity in discourse processing. In C. Clifton, L. Frazier & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 339-357). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Garrod, S., Freudenthal, D. & Boyle, E. (1994). The role of different types of anaphor in the on-line resolution of sentences in a discourse. *Journal of Memory and Language*, 33, 39-68.
- Garrod, S. & Sanford, A. (1977). Interpreting anaphoric relations: The integration of semantic information while reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 77-90.
- Garrod, S. C. & Sanford, A. J. (1982). The mental representation of discourse in a focussed memory system: Implications for the interpretation of anaphoric noun phrases. *Journal of Semantics*, 1, 21-41.
- Garvey, C., Caramazza, A., & Yates, J. (1974/5). Factors influencing assignment of pronoun antecedents. *Cognition*, 3 (3), 227-243.
- Gernsbacher, M. A. (1989). Mechanisms that improve referential access. *Cognition*, 32, 99-156.
- Gernsbacher, M. A. (1990). *Language comprehension as structure building*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gernsbacher, M. A. & Hargreaves, D. J. (1988). Accessing sentence participants: The advantage of first mention. *Journal of Memory and Language*, 27, 699-717.
- Gibbs, R. W. (1984). Literal meaning and psychological theory. *Cognitive Science*, 8, 275-304.
- Givón, T. (1992). The grammar of referential coherence as mental processing instructions. *Linguistics*, 30, 5-55.
- Glanzer, M., Fischer, B. & Dorfman, D. (1984). Short-term storage in reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 23, 467-486.

- Gomes, H., Ritter, W., Tartter, V. C., Vaughan, H. G. Jr., & Rosen, J. J. (1997). Lexical processing of visually and auditorily presented nouns and verbs: Evidence from reaction time and N400 priming data. *Cognitive Brain Research*, 6, 121-134.
- Gordon, P. C. & Scearce, K. A. (1995). Pronominalization and discourse coherence, discourse structure and pronoun interpretation. *Memory and Cognition*, 23, 313-323.
- Graesser, A. C., Millis, K. K. & Zwaan, R. A. (1997). Discourse comprehension. *Annual Review of Psychology*, 48, 163-189.
- Green, S. T., McKoon, G. & Ratcliff, R. (1992). Pronoun resolution and discourse models. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 266-283.
- Grober, E. H., Beardsley, W., & Caramazza, A. (1978). Parallel function strategy in pronoun assignment. *Cognition*, 5, 117-133.
- Grosz, B. J., Joshi, A. K. & Weinstein, S. (1995). Centering: A framework for modeling the local coherence of discourse. *Computational Linguistics*, 21, 203-225.
- Gunter, T. C., Jackson, J. L. & Mulder, G. (1992). An electrophysiological study of semantic processing in young and middle aged academics. *Psychophysiology*, 29 (1), 38-54.
- Hagoort, P., Brown, C. & Groothusen, J. (1993). The syntactic positive shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language and Cognitive Processes*, 8 (4), 439-483.
- Halliday, M. A. K. (1967). Notes on transitivity and theme in English: Part 2. *Journal of Linguistics*, 3, 199-244.
- Hankamer, J. & Sag, I. A. (1976). Deep and surface anaphora. *Linguistic Inquiry*, 7, 391-426.

- Haviland, S. E. & Clark, H. H. (1974). What's new? Acquiring new information as a process in comprehension. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 13, 512-521.
- Heil, M., Rösler, F. & Hennighausen, E. (1996). Topographically distinct cortical activation in episodic long-term memory: The retrieval of spatial versus verbal information. *Memory & Cognition*, 24, 777-795.
- Hennighausen, E., Heil, M., & Rösler, F. (1993). A correction method for DC drift artifacts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 86, 199-204.
- Hillyard, S. A. (1973). The CNV and human behavior. In W. C. McCallum & J. R. Knott (Hrsg.), *Event-related slow potentials of the brain: Their relation to behavior. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Supplement* (S. 161-171).
- Holcomb, P. J. (1988). Automatic and attentional processing: An event-related brain potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, 35, 66-85.
- Holcomb, P. J. & Neville, H. J. (1990). Auditory and visual semantic priming in lexical decision - a comparison using event-related brain potentials. *Language and Cognitive Processes*, 5, 281-312.
- Hudson, S. B., Tanenhaus, M. K. & Dell, G. A. (1986). *Program of the Eighth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (S. 96-101). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Huynh, H. & Feldt, L. S. (1976). Estimation of the box correction for degrees of freedom from sample data in randomized block and split-plot designs. *Journal of Educational Statistics*, 1, 69-82.
- Jarvella, R. J. (1971). Syntactic processing of connected speech. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10, 409-416.
- Joshi, A. & Weinstein, S. (1981). Control of inference: Role of some aspects of discourse structure-centring. *Proceeding of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 385-387.

- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixation to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329-354.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1987). *The psychology of reading and language comprehension*. Newton, MA: Allyn & Bacon.
- Karayanadis, F. Andrews, S., Ward, P. B. & McConaghy, N. (1991). Effects of inter-item lag on word repetition: An event-related potential study. *Psychophysiology*, 28, 307-318.
- Kiefer, M., & Spitzer, M. (eingereicht). Time course of conscious and unconscious semantic brain activations.
- King, J. W. & Kutas, M. (1995). Who did what and when? Using word- and clause-level ERPs to monitor working memory usage in reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7 (3), 376-395.
- Kintsch, W. (1974). *The representation of meaning in memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*, 95 (2), 163-182.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kintsch, W. & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85, 363-394.
- Kluender, R. & Kutas, M. (1993). Bridging the gap: Evidence from ERPs on the processing of unbounded dependencies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5 (2), 196-214.
- Koriat, A. & Greenberg, S. N. (1994). The extraction of phrase structure during reading: Evidence from letter detection errors. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1, 345-356.
- Koyama, S., Nageishi, Y. & Shimokochi, M. (1990). Event-related potentials (N400) and inhibitory effect of context on word recognition. In C. H. M. Brunia, A. W. K.

- Gaillard & A. Kok (Hrsg.), *Psychophysiological Brain Research* (S. 289-298). Tilburg: University Press.
- Kutas, M. (1993). In the company of other words: Electrophysiological evidence for single-word and sentence context effects. *Language and Cognitive Processes*, 8 (4), 533-572.
- Kutas, M. & Dale, A. (1997). Electrical and magnetic readings of mental functions. In M. D. Rugg (Hrsg.), *Cognitive neuroscience. Studies in cognition* (S. 197-242). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1980a). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1980b). Event-related brain potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words. *Biological Psychology*, 11, 99-116.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1982). The lateral distribution of event-related potentials during sentence processing. *Neuropsychologia*, 20, 579-590.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1983). Event-related brain potentials to grammatical errors and semantic anomalies. *Memory & Cognition*, 11, 539-550.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307 (12), 161-163.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1989). An electrophysiological probe of incidental semantic association. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 38-49.
- Kutas, M. & Kluender, R. (1994). What is who violating? A reconsideration of linguistic violations in light of event-related brain potentials. In H.-J. Heinze, T. F. Münte & G. R. Mangun (Hrsg.), *Cognitive Electrophysiology* (S. 183-210). Boston: Birkhäuser.
- Kutas, M., Lindamood, T. & Hillyard, S. A. (1984). Word expectancy and event-related brain potentials during sentence processing. In S. Kornblum & J. Roquin (Hrsg.), *Preparatory states and processes* (S. 217-238). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Kutas, M., Neville, H. & Holcomb, S. A. (1987). A preliminary comparison of the N400 response to semantic anomalies during reading, listening and singing. In W. L. McCallum, R. Zappoli & F. Denoth (Hrsg.), *Cerebral Psychophysiology: Studies in Event-Related Potentials EEG. Supplement 39* (S. 325-330). Amsterdam: Elsevier.
- Kutas, M. & Van Petten, C. K. (1990). Electrophysiological perspectives on comprehending written language. In P. M. Rossini & F. Mauguire (Hrsg.), *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology: Supplement 41. New trends and advanced techniques in clinical neurophysiology*. Amsterdam: Elsevier.
- Kutas, M. & Van Petten, C. K. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related brain potentials investigations. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 83-143). San Diego: Academic Press.
- Lehmann, D. (1987). Principles of spatial analysis. In A. S. Gevins & A. Rémond (Hrsg.), *Methods of analysis of brain electrical and magnetic signals* (= Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology, rev. series, Vol. 1, S. 309-356). North Holland: Elsevier.
- Lehmann, D. & Skrandies, W. (1984). Spatial analysis of evoked potentials in man. *Progress in Neurobiology*, 23, 227-250.
- Marslen-Wilson, W., Levy, E. & Tyler, L. K. (1982). Producing interpretable discourse: The establishment and maintenance of reference. In R. J. Jarvella & W. Klein (Hrsg.), *Speech, Place and Action* (S. 339-378). Chichester: Wiley.
- Matthews, A. & Chodorow, M. S. (1988). Pronoun resolution in two-clause sentences: effects of ambiguity, antecedent location, and depth of embedding. *Journal of Memory and Language*, 27, 245-260.
- Maurer, G., Tanenhaus, M. K., & Carlson, G. N. (1995). A note on parallelism effects in processing deep and surface verb-phrase anaphora. *Language and Cognitive Processes*, 10 (1), 1-12.

- McCallum, W. C. (1988). Potentials related to expectancy, preparation and motor activity. In T. W. Picton (Hrsg.), *Human event-related potentials: Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology Vol. 3* (S. 427-534). Amsterdam: Elsevier.
- McCarthy, G. & Wood, C. C. (1985). Scalp distributions of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 62, 203-208.
- McKoon, G. & Ratcliff, R. (1992). Inference during reading. *Psychological Review*, 99, 440-466.
- Morrow; D. G., Bower, G. H. & Greenspan, S. L. (1989). Updating situation models during narrative comprehension. *Journal of Memory and Language*, 28, 292-312.
- Münte, T. F., Heinze, H.-J. & Prevedel, H. (1990). Ereigniskorrelierte Hirnrindenpotentiale reflektieren semantische und syntaktische Fehler bei der Sprachverarbeitung. *Zeitschrift für EEG und EMG und verwandte Gebiete*, 21, 75-81.
- Münte, T. F., Matzke, M. & Johannes, S. (1997). Brain activity associated with syntactic incongruencies in words and pseudo-words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9 (3), 318-329.
- Müsseler, J. & Terhorst, E. (1990). Pronominale Besetzung: Ein alternativer Mechanismus neben der rekursiven Auflösung. *Sprache und Kognition*, 9, 37-49.
- Murphy, G. L. (1985). Processes of understanding anaphora. *Journal of Memory and Language*, 24, 290-303.
- Murphy, G. L. (1990). Interpretation of verb phrase anaphora: Influences of task and syntactic context. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42A, 675-692.
- Nagy, M. E. & Rugg, M. D. (1989). Modulation of event-related potentials by word repetition: The effects of inter-item lag. *Psychophysiology*, 26 (4), 431-436.

- Neely, J. H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition. In D. Besner & G. Humphreys (Hrsg.), *Basic processes in reading: Visual word recognition* (S. 264-336). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Neville, H. (1985). Biological constraints on semantic processing: A comparison of spoken and signed languages. *Psychophysiology*, 22, 576.
- Neville, H. J., Mills, D. L. & Lawson, D. S. (1992). Fractionating language: Different neural subsystems with different sensitive periods. *Cerebral Cortex*, 2, 244-258.
- Neville, H., Nicol, J. L., Barss, A., Forster, K. L. & Garrett, M. F. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 151-165.
- Nißein, M., Müsseler, J. & Koriat, A. (1998). Der Missing Letter Effekt: Ein Indikator früher satzsyntaktischer Verarbeitungsprozesse? In H. Lachnit, A. Jacobs & F. Rösler (Hrsg.), *Experimentelle Psychologie* (S.248). Lengerich: Papst.
- Nobre, A. C. & McCarthy G. (1994). Language-related ERPs: Scalp distributions and modulation by word type and semantic priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6 (3), 233-255.
- Okita, T. & Jibu, T. (1998). Selective attention and the N400 attenuation with spoken word repetition. *Psychophysiology*, 35, 260-271.
- Osterhout, L. & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31, 785-806.
- Osterhout, L., Holcomb, P. J. & Swinney, D. A. (1994). Brain potentials elicited by garden-path sentences: Evidence of the application of verb information during parsing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20, 786-803.
- Osterhout, L. & Mobley, L. A. (1995). Event-related brain potentials elicited by failure to agree. *Journal of Memory and Language*, 34, 739-773.

- Paller, K. A. (1993). Elektrophysiologische Studien zum menschlichen Gedächtnis. *Zeitschrift für EEG und EMG*, 24, 24-33.
- Perfetti, C. A. (1990). The cooperative language processors: semantic influences in an autonomous syntax. In D. A. Balota, G. B. Flores d'Arcais & K. Rayner (Hrsg.), *Comprehension processes in reading* (S. 205-230). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Perfetti, C. A. & Britt, M. A. (1995). Where do propositions come from? In C. A. Weaver, S. Mannes & C. R. Fletcher (Hrsg.), *Discourse Comprehension: Essays in Honor of Walter Kintsch* (S. 11-34). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Preissl, H., Pulvermüller, F., Lutzenberger, W., & Birbaumer, N. (1995). Evoked potentials distinguish between nouns and verbs. *Neuroscience Letters*, 197, 81-83.
- Raaijmakers, J. G. & Shiffrin, R. M. (1981). Search of associative memory. *Psychological Review*, 88, 93-134.
- Ratcliff, R. & McKoon, G. (1978). Priming in item recognition: Evidence for the propositional structure of sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17, 403-417.
- Rohrbaugh, J. W. & Gaillard, A. W. K. (1983). Sensory and motor aspects of the contingent negative variation. In A. W. K. Gaillard & W. Ritter (Hrsg.), *Tutorials in event-related potential research: Endogenous components* (S. 269-310). Amsterdam: North Holland Publishing Company.
- Rolke, B., Heil, M., Streb, J. & Hennighausen, E. (eingereicht). Missed target words within the attentional blink evoke an N400 semantic priming effect.
- Rösler, F., Friederici, A., Pütz, P. & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials while encountering semantic and syntactic constraint violations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5 (3), 345-362.
- Rösler, F., Heil, M. & Hennighausen, E. (1995). Distinct cortical activation patterns during long-term memory retrieval of verbal, spatial and color information. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, 51-65.

- Rösler, F., Pechmann, T., Streb, J., Röder, B. & Hennighausen, E. (1998). Parsing of sentences in a language with varying word order: Word-by-word variations of processing demands are revealed by event-related brain potentials. *Journal of Memory and Language*, 38, 150-176.
- Rugg, M. D. (1985). The effects of semantic priming and word repetition on event-related potentials. *Psychophysiology*, 22 (6), 642-647.
- Rugg, M. D. (1987). Dissociation of semantic priming, word and nonword repetition effects by event-related potentials. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 123-148.
- Rugg, M. D. (1990). Event-related brain potentials dissociate repetition effects of high- and low-frequency words. *Memory and Cognition*, 18 (4), 367-379.
- Rugg, M. D. (1995). ERP studies of memory. In M. D. Rugg & M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of Mind. Event-Related Brain Potentials and Cognition* (pp. 132-170). Oxford: Oxford University Press.
- Rugg, M. D. & Doyle, M. C. (1994). Event-related potentials and stimulus repetition in direct and indirect tests of memory. In H.-J. Heinze, T. F. Münte, & G. R. Mangun (Eds.), *Cognitive Electrophysiology* (pp.124-147). Boston: Birkhäuser.
- Rugg, M. D. & Nagy, M. E. (1987). Lexical contribution to nonword-repetition effects: Evidence from event-related potentials. *Memory and Cognition*, 15 (6), 473-481.
- Sachs, J. S. (1967). Recognition memory for syntactic and semantic aspects of connected discourse. *Perception & Psychophysics*, 2, 437-442.
- Sag, I. & Hankamer, J. (1984). Toward a theory of anaphoric processing. *Linguistics and Philosophy*, 7, 325-345.
- Sanford, A. J. (1985). Aspects of pronoun interpretation. In G. Rickheit & H. Strohner (Hrsg.), *Inferences in text processing* (S. 183-205). North Holland/Amsterdam: Elsevier.

- Sanford, A. J. & Garrod, S. (1981). Understanding written language: Explorations in comprehension beyond the sentence. Chichester: Wiley.
- Sanford, A. & Garrod, S. (1989). What, when and how? Questions of immediacy in anaphoric reference resolution. *Language and Cognitive Processes*, 4, 235-262.
- Sanford, A. J., Garrod, S. C., Lucas, A., Henderson, R. (1983). Pronouns without explicit antecedents? *Journal of Semantics*, 2, 303-318.
- Schloerscheidt, A. M. & Rugg, M. D. (1998). Recognition memory for words and pictures: An event-related potential study. *Neuroreport*, 8 (15), 3281-3285.
- Sheldon, A. (1974). The role of parallel function in the acquisition of relative clauses in English. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 13, 272-281.
- Silverstein, M. (1976). Hierarchy of features and ergativity. In R. M. W. Dixon (Hrsg.), *Grammatical Categories in Australian Languages*. (S. 112-171). New Jersey: Humanities Press.
- Smyth, R. H. (1994). Grammatical determinants of ambiguous pronoun resolution. *Journal of Psycholinguistic Research*, 23, 197-229.
- St. George, M., Mannes, S. & Hoffman, J. E. (1994). Global semantic expectancy and language comprehension. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 6 (1), 70-83.
- St. George, M., Mannes, S. & Hoffman, J. E. (1997). Individual differences in inference generation: An ERP analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9 (6), 776-787.
- Steinhauer, K., Alter, K. & Friederici, A. D. (1999). Brain potentials indicate immediate use of prosodic cues in natural speech processing. *Nature neuroscience*, 2 (2), 191-196.
- Stevenson, R. J., Nelson, A. W. R. & Stenning, K. (1995). The role of parallelism in strategies of pronoun comprehension. *Language and Speech*, 38, 393-418.
- Streb, J., Haan, H. & Rösler, F. (in Vorbereitung). Verb priming effects are analyzed by recording event-related potentials.

- Streb, J., Rösler, F. & Hennighausen, E. (1999). Event-related responses to pronoun and proper name anaphors in parallel and non-parallel discourse structures. *Brain & Language*, 70 (2), 273-286.
- Tanenhaus, M. K. & Carlson, G. N. (1984). Processing deep and surface anaphors. *Proceedings of the Fourteenth Annual Meetings of the Northeastern Linguistic Society*. Amherst, Mass.: GLSA.
- Tanenhaus, M. K. & Carlson, G. N. (1990). Comprehension of deep and surface verbphrase anaphors. *Language and Cognitive Processes*, 5 (4), 257-280.
- Tanenhaus, M. K., Carlson, G. N. & Seidenberg, M. S. (1985). Do listeners compute linguistic representations? In D. R. Dowty, L. Karttunen & A. M. Zwicky (Hrsg.), *Natural language parsing: Psychological, computational, and theoretical perspectives* (S. 359-408). Cambridge: Cambridge University Press.
- van Dijk, T. A. (1980). *Macrostructures: An interdisciplinary study of global structures in discourse, interaction, and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- van Dijk, T. A. & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- Van Petten, C. (1993). A comparison of lexical and sentence-level context effects in event-related potentials. *Language and Cognitive Processes*, 8 (4), 485-531.
- Van Petten, C. (1995). Words and sentences: Event-related brain potential measures. *Psychophysiology*, 32, 511-525.
- Van Petten, C. & Kutas, M. (1990). Interactions between sentence context and word frequency in event-related brain potentials. *Memory and Cognition*, 18 (4), 380-393.
- Van Petten, C. & Kutas, M. (1991). Influences of semantic and syntactic context on open- and closed-class words. *Memory and Cognition*, 19, 95-112.

- Van Petten, C., Kutas, M., Kluender, R., Mitchiner, M. & McIsaac, H. (1991). Fractionating the word repetition effect with event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 131-150.
- Vater, H. (1996). *Einführung in die Sprachwissenschaft*. München: Wilhelm-Fink Verlag.
- Ziegler, J. C., Besson, M., Jacobs, A. M., Nazir, T. A. & Carr, T. H. (1997). Word, pseudoword, and nonword processing: A multitask comparison using event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9 (6), 758-775.

Anhang 1

zu Experiment 1: t-Test Mittelwertsvergleich Pronomen versus Eigennamen
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|---------|---------|---------|
| 24 | CZ | 2.28542 | 5.43833 | 0.00007 |
| 28 | CZ | 2.40917 | 5.39088 | 0.00007 |
| 32 | CZ | 1.95333 | 3.61318 | 0.00256 |
| 24 | FC3 | 1.73729 | 4.37281 | 0.00055 |
| 28 | FC3 | 2.20854 | 5.77739 | 0.00004 |
| 32 | FC3 | 1.89208 | 4.32549 | 0.00060 |
| 24 | FC4 | 2.10938 | 4.78775 | 0.00024 |
| 28 | FC4 | 2.24604 | 4.64405 | 0.00032 |
| 32 | FC4 | 1.92521 | 3.27738 | 0.00509 |
| 40 | OZ | 1.13479 | 2.25208 | 0.03973 |
| 44 | OZ | 2.02563 | 3.22739 | 0.00564 |
| 48 | OZ | 2.02375 | 2.60133 | 0.02005 |
| 52 | OZ | 3.24958 | 3.39217 | 0.00402 |
| 56 | OZ | 2.88438 | 3.13181 | 0.00686 |
| 60 | OZ | 2.59563 | 3.03711 | 0.00832 |
| 40 | P3 | 1.65646 | 3.75141 | 0.00193 |
| 44 | P3 | 1.84167 | 3.51122 | 0.00315 |
| 48 | P3 | 2.14417 | 3.02848 | 0.00847 |
| 52 | P3 | 3.18354 | 3.88468 | 0.00147 |
| 56 | P3 | 3.01229 | 3.77578 | 0.00183 |
| 60 | P3 | 2.78458 | 3.69936 | 0.00214 |
| 40 | P4 | 1.34021 | 2.85174 | 0.01212 |
| 44 | P4 | 1.60812 | 2.72250 | 0.01573 |
| 48 | P4 | 1.92333 | 2.59453 | 0.02032 |
| 52 | P4 | 2.91792 | 3.31708 | 0.00469 |
| 56 | P4 | 2.77604 | 3.28493 | 0.00501 |
| 60 | P4 | 2.62063 | 3.28156 | 0.00505 |
| 40 | PZ | 1.78417 | 4.05195 | 0.00104 |
| 44 | PZ | 2.14583 | 3.80914 | 0.00171 |
| 48 | PZ | 2.46667 | 3.31714 | 0.00469 |
| 52 | PZ | 3.64625 | 4.13961 | 0.00087 |
| 56 | PZ | 3.46000 | 4.05552 | 0.00104 |
| 60 | PZ | 3.12208 | 4.00031 | 0.00116 |

Anhang 2

zu Experiment 1: t-Test Mittelwertsvergleich Distanz s2 versus Distanz s1 für Pronomen
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 40 | C3 | -1.80375 | -2.03584 | 0.05983 |
| 44 | C3 | -1.70375 | -2.00587 | 0.06325 |
| 48 | C3 | -1.65563 | -1.48272 | 0.15885 |
| 40 | C4 | -1.80563 | -2.32918 | 0.03423 |
| 44 | C4 | -1.87938 | -2.17706 | 0.04586 |
| 48 | C4 | -1.70313 | -1.77039 | 0.09698 |
| 40 | CZ | -2.08438 | -2.15313 | 0.04799 |
| 44 | CZ | -1.91875 | -1.60092 | 0.13024 |
| 48 | CZ | -1.85063 | -1.86629 | 0.08167 |
| 40 | FZ | -1.45188 | -1.81584 | 0.08943 |
| 44 | FZ | -1.48688 | -1.57571 | 0.13595 |
| 48 | FZ | -1.52625 | -1.73902 | 0.10251 |
| 40 | P4 | -2.23188 | -2.26162 | 0.03901 |
| 44 | P4 | -2.02500 | -2.23851 | 0.04078 |
| 48 | P4 | -1.39875 | -2.25705 | 0.03935 |
| 40 | T4 | -1.32625 | -1.74206 | 0.10196 |
| 44 | T4 | -1.60563 | -1.66490 | 0.11668 |
| 48 | T4 | -1.68813 | -1.90001 | 0.07683 |
| 40 | T6 | -2.68938 | -3.02857 | 0.00847 |
| 44 | T6 | -2.70563 | -2.41040 | 0.02922 |
| 48 | T6 | -2.47313 | -2.28282 | 0.03745 |

Anhang 3

zu Experiment 1: t-Test Mittelwertsvergleich Distanz s3 versus Distanz s1 für Pronomen
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 40 | C3 | -1.29563 | -2.39324 | 0.03022 |
| 44 | C3 | -1.57750 | -2.34550 | 0.03317 |
| 48 | C3 | -1.80875 | -2.38064 | 0.03097 |
| 40 | C4 | -0.97313 | -2.55690 | 0.02190 |
| 44 | C4 | -1.25021 | -2.53923 | 0.02268 |
| 48 | C4 | -1.44063 | -2.39380 | 0.03019 |
| 40 | CZ | -0.90438 | -2.15328 | 0.04798 |
| 44 | CZ | -0.67625 | -1.97659 | 0.06677 |
| 48 | CZ | -0.63313 | -1.79756 | 0.09240 |
| 40 | FZ | -1.76500 | -2.12304 | 0.05080 |
| 44 | FZ | -1.57875 | -2.06094 | 0.05709 |
| 48 | FZ | -1.70313 | -1.82097 | 0.08862 |
| 40 | P4 | -0.64063 | -1.50104 | 0.15410 |
| 44 | P4 | -1.13375 | -2.13065 | 0.05008 |
| 48 | P4 | -1.39625 | -2.02718 | 0.06080 |
| 40 | T4 | -1.00875 | -1.77615 | 0.09599 |
| 44 | T4 | -0.93875 | -1.81563 | 0.08947 |
| 48 | T4 | -1.27458 | -1.88641 | 0.07875 |
| 40 | T6 | -0.76938 | -1.84357 | 0.08509 |
| 44 | T6 | -0.64188 | -2.04163 | 0.05919 |
| 48 | T6 | -1.25417 | -2.32308 | 0.03464 |

Anhang 4

zu Experiment 1: t-Test Mittelwertsvergleich Distanz s3 versus Distanz s2 für Pronomen
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|---------|---------|---------|
| 40 | C3 | 1.94563 | 3.37182 | 0.00419 |
| 44 | C3 | 1.88375 | 2.58945 | 0.02053 |
| 48 | C3 | 1.72375 | 2.59039 | 0.02049 |
| 40 | C4 | 1.61500 | 3.15290 | 0.00657 |
| 44 | C4 | 1.83000 | 2.38218 | 0.03088 |
| 48 | C4 | 1.85375 | 2.56173 | 0.02169 |
| 40 | CZ | 1.83625 | 3.51177 | 0.00315 |
| 44 | CZ | 1.71688 | 2.44148 | 0.02750 |
| 48 | CZ | 1.62688 | 2.22568 | 0.04179 |
| 40 | FZ | 1.15563 | 2.43732 | 0.02772 |
| 44 | FZ | 1.54000 | 3.08261 | 0.00758 |
| 48 | FZ | 1.46938 | 2.35768 | 0.03239 |
| 40 | P4 | 1.81938 | 3.47961 | 0.00336 |
| 44 | P4 | 1.70750 | 2.06467 | 0.05669 |
| 48 | P4 | 1.83250 | 2.35530 | 0.03254 |
| 40 | T4 | 1.72125 | 5.12247 | 0.00013 |
| 44 | T4 | 2.09438 | 3.85026 | 0.00157 |
| 48 | T4 | 2.29438 | 4.78749 | 0.00024 |
| 40 | T6 | 2.00375 | 3.35485 | 0.00434 |
| 44 | T6 | 2.07125 | 2.55608 | 0.02193 |
| 48 | T6 | 2.18438 | 2.85293 | 0.01209 |

Anhang 5

zu Experiment 1: t-Test Mittelwertsvergleich Distanz s3 versus Distanz s1 für Eigennamen (pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|---------|---------|---------|
| 40 | CZ | 0.97313 | 2.36935 | 0.03166 |
| 44 | CZ | 1.46875 | 2.14634 | 0.04861 |
| 48 | CZ | 1.33938 | 2.20406 | 0.04356 |
| 40 | OZ | 1.06000 | 1.62365 | 0.12527 |
| 44 | OZ | 1.27938 | 1.83968 | 0.08569 |
| 48 | OZ | 1.09313 | 2.00540 | 0.06331 |
| 40 | P3 | 0.65750 | 2.00261 | 0.06364 |
| 44 | P3 | 1.24500 | 1.88755 | 0.07859 |
| 48 | P3 | 0.71687 | 1.60025 | 0.13039 |
| 40 | P4 | 0.98000 | 1.70864 | 0.10812 |
| 44 | P4 | 1.19813 | 1.73103 | 0.10396 |
| 48 | P4 | 1.11813 | 1.54473 | 0.14325 |
| 40 | PZ | 1.41250 | 1.76314 | 0.09823 |
| 44 | PZ | 1.63438 | 1.96838 | 0.06779 |
| 48 | PZ | 1.65500 | 2.09120 | 0.05394 |

Anhang 6

zu Experiment 1: t-Test Mittelwertsvergleich Distanz s3 versus Distanz s2 für Eigennamen (pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|---------|---------|---------|
| 40 | CZ | 1.42625 | 1.53367 | 0.14593 |
| 44 | CZ | 1.97500 | 2.22250 | 0.04205 |
| 48 | CZ | 2.05375 | 2.56412 | 0.02159 |
| 40 | OZ | 1.65625 | 2.33355 | 0.03395 |
| 44 | OZ | 1.97375 | 2.34679 | 0.03308 |
| 48 | OZ | 2.15250 | 2.30970 | 0.03555 |
| 40 | P3 | 1.25375 | 1.50163 | 0.15395 |
| 44 | P3 | 1.50375 | 1.84601 | 0.08472 |
| 48 | P3 | 1.68563 | 2.17279 | 0.04623 |
| 40 | P4 | 1.29500 | 1.67218 | 0.11521 |
| 44 | P4 | 1.83375 | 2.08595 | 0.05448 |
| 48 | P4 | 1.67750 | 1.97211 | 0.06733 |
| 40 | PZ | 1.46250 | 1.73451 | 0.10332 |
| 44 | PZ | 1.91000 | 2.28577 | 0.03723 |
| 48 | PZ | 1.82375 | 2.29015 | 0.03692 |

Anhang 7

zu Experiment 2: t-Test Mittelwertsvergleich Pronomen versus Eigennamen
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 48 | C3 | -0.86906 | -1.61951 | 0.12617 |
| 51 | C3 | -1.21563 | -2.26111 | 0.03905 |
| 54 | C3 | -1.90734 | -3.77245 | 0.00184 |
| 57 | C3 | -1.54000 | -2.91705 | 0.01062 |
| 60 | C3 | -1.22906 | -2.80283 | 0.01338 |
| 48 | C4 | -0.91922 | -1.54780 | 0.14251 |
| 51 | C4 | -1.29094 | -2.05330 | 0.05791 |
| 54 | C4 | -1.81563 | -3.19298 | 0.00605 |
| 57 | C4 | -1.63688 | -2.99975 | 0.00898 |
| 60 | C4 | -1.27422 | -2.57122 | 0.02128 |
| 48 | CZ | -0.94234 | -1.52950 | 0.14695 |
| 51 | CZ | -1.32688 | -2.08744 | 0.05432 |
| 54 | CZ | -1.97359 | -3.34645 | 0.00442 |
| 57 | CZ | -1.69781 | -2.91639 | 0.01064 |
| 60 | CZ | -1.31953 | -2.57627 | 0.02107 |
| 24 | F3 | -0.93078 | -4.28803 | 0.00065 |
| 27 | F3 | -1.22484 | -3.83767 | 0.00161 |
| 30 | F3 | -1.11469 | -2.96113 | 0.00971 |
| 33 | F3 | -0.72984 | -1.62440 | 0.12511 |
| 36 | F3 | -0.39219 | -0.85254 | 0.40732 |
| 39 | F3 | -0.23219 | -0.67204 | 0.51178 |
| 42 | F3 | -0.22312 | -0.67292 | 0.51123 |
| 45 | F3 | -0.38281 | -0.86483 | 0.40075 |
| 48 | F3 | -0.84641 | -1.72695 | 0.10471 |
| 51 | F3 | -1.13469 | -2.44190 | 0.02747 |
| 54 | F3 | -1.72359 | -4.26688 | 0.00068 |
| 57 | F3 | -1.52766 | -3.72890 | 0.00202 |
| 60 | F3 | -1.32938 | -3.73361 | 0.00200 |
| 24 | F4 | -0.94625 | -4.57579 | 0.00036 |
| 27 | F4 | -1.04234 | -3.38972 | 0.00404 |
| 30 | F4 | -0.95578 | -2.59464 | 0.02031 |
| 33 | F4 | -0.64422 | -1.54586 | 0.14297 |
| 36 | F4 | -0.56578 | -1.28985 | 0.21663 |
| 39 | F4 | -0.40578 | -1.11606 | 0.28196 |
| 42 | F4 | -0.53578 | -1.44881 | 0.16797 |
| 45 | F4 | -0.54469 | -1.22128 | 0.24083 |
| 48 | F4 | -1.00344 | -2.14490 | 0.04874 |
| 51 | F4 | -1.39031 | -2.71721 | 0.01590 |
| 54 | F4 | -1.86859 | -4.36574 | 0.00055 |
| 57 | F4 | -1.69516 | -3.96367 | 0.00125 |
| 60 | F4 | -1.40031 | -3.84366 | 0.00159 |
| 24 | F7 | -0.80750 | -4.06329 | 0.00102 |
| 27 | F7 | -1.00391 | -4.19062 | 0.00079 |
| 30 | F7 | -0.93781 | -3.11945 | 0.00703 |
| 33 | F7 | -0.65234 | -2.00192 | 0.06372 |
| 36 | F7 | -0.42672 | -1.18314 | 0.25517 |
| 39 | F7 | -0.07891 | -0.26710 | 0.79303 |
| 42 | F7 | -0.04797 | -0.17848 | 0.86073 |
| 45 | F7 | -0.27875 | -0.82128 | 0.42435 |
| 48 | F7 | -0.55734 | -1.35789 | 0.19458 |
| 51 | F7 | -0.82656 | -2.31057 | 0.03549 |
| 54 | F7 | -1.25063 | -3.55694 | 0.00287 |
| 57 | F7 | -1.08422 | -3.06603 | 0.00784 |
| 60 | F7 | -1.02969 | -3.10995 | 0.00717 |
| 24 | F8 | -0.82750 | -4.11882 | 0.00091 |
| 27 | F8 | -0.79438 | -3.15443 | 0.00655 |
| 30 | F8 | -0.78188 | -2.39702 | 0.03000 |
| 33 | F8 | -0.58516 | -1.60791 | 0.12869 |
| 36 | F8 | -0.55750 | -1.50901 | 0.15207 |
| 39 | F8 | -0.40797 | -1.26982 | 0.22349 |
| 42 | F8 | -0.56578 | -1.68915 | 0.11186 |
| 45 | F8 | -0.47594 | -1.23249 | 0.23674 |
| 48 | F8 | -0.92344 | -2.27189 | 0.03824 |
| 51 | F8 | -1.20156 | -2.65630 | 0.01796 |

| | | | | |
|----|-----|----------|----------|---------|
| 54 | F8 | -1.59859 | -4.00748 | 0.00114 |
| 57 | F8 | -1.49469 | -3.90531 | 0.00141 |
| 60 | F8 | -1.31344 | -4.30389 | 0.00063 |
| 24 | FC3 | -1.22563 | -5.11224 | 0.00013 |
| 27 | FC3 | -1.38734 | -3.97436 | 0.00122 |
| 30 | FC3 | -1.12828 | -2.65011 | 0.01819 |
| 33 | FC3 | -1.00047 | -2.11361 | 0.05171 |
| 36 | FC3 | -0.69781 | -1.48770 | 0.15755 |
| 39 | FC3 | -0.31656 | -0.87201 | 0.39695 |
| 42 | FC3 | -0.23063 | -0.66784 | 0.51438 |
| 45 | FC3 | -0.48781 | -0.99401 | 0.33598 |
| 48 | FC3 | -0.93594 | -1.67392 | 0.11486 |
| 51 | FC3 | -1.25172 | -2.40224 | 0.02969 |
| 54 | FC3 | -1.91922 | -3.97400 | 0.00122 |
| 57 | FC3 | -1.64484 | -3.33950 | 0.00448 |
| 60 | FC3 | -1.36047 | -3.44023 | 0.00364 |
| 24 | FC4 | -1.25156 | -5.13442 | 0.00012 |
| 27 | FC4 | -1.13188 | -3.21710 | 0.00576 |
| 30 | FC4 | -0.98422 | -2.45120 | 0.02698 |
| 33 | FC4 | -0.73984 | -1.61796 | 0.12650 |
| 36 | FC4 | -0.73484 | -1.59078 | 0.13251 |
| 39 | FC4 | -0.55359 | -1.37743 | 0.18859 |
| 42 | FC4 | -0.51547 | -1.14557 | 0.26992 |
| 45 | FC4 | -0.49109 | -0.96568 | 0.34952 |
| 48 | FC4 | -0.98703 | -1.80353 | 0.09142 |
| 51 | FC4 | -1.40063 | -2.35802 | 0.03237 |
| 54 | FC4 | -1.91844 | -3.77424 | 0.00184 |
| 57 | FC4 | -1.70594 | -3.57634 | 0.00276 |
| 60 | FC4 | -1.40031 | -3.27521 | 0.00511 |
| 24 | FZ | -0.95156 | -4.68087 | 0.00030 |
| 27 | FZ | -1.19781 | -3.70384 | 0.00212 |
| 30 | FZ | -1.05281 | -2.65415 | 0.01804 |
| 33 | FZ | -0.66703 | -1.39580 | 0.18309 |
| 36 | FZ | -0.47734 | -1.00343 | 0.33157 |
| 39 | FZ | -0.27281 | -0.73153 | 0.47573 |
| 42 | FZ | -0.38281 | -1.01969 | 0.32404 |
| 45 | FZ | -0.51703 | -1.08788 | 0.29382 |
| 48 | FZ | -0.96344 | -1.82205 | 0.08845 |
| 51 | FZ | -1.30141 | -2.43568 | 0.02781 |
| 54 | FZ | -1.82313 | -4.03919 | 0.00107 |
| 57 | FZ | -1.67047 | -3.83148 | 0.00163 |
| 60 | FZ | -1.38688 | -3.52714 | 0.00305 |
| 48 | P3 | -0.74344 | -1.24376 | 0.23267 |
| 51 | P3 | -1.13797 | -1.84898 | 0.08427 |
| 54 | P3 | -1.79891 | -2.88737 | 0.01128 |
| 57 | P3 | -1.28891 | -2.01864 | 0.06177 |
| 60 | P3 | -0.98172 | -1.77201 | 0.09670 |
| 48 | P4 | -0.93391 | -1.49463 | 0.15575 |
| 51 | P4 | -1.23250 | -1.98074 | 0.06626 |
| 54 | P4 | -1.77188 | -2.89892 | 0.01102 |
| 57 | P4 | -1.43063 | -2.31938 | 0.03489 |
| 60 | P4 | -1.18859 | -2.27575 | 0.03796 |
| 48 | PZ | -1.06109 | -1.75553 | 0.09956 |
| 51 | PZ | -1.49500 | -2.41872 | 0.02875 |
| 54 | PZ | -2.13906 | -3.45301 | 0.00355 |
| 57 | PZ | -1.55937 | -2.36053 | 0.03221 |
| 60 | PZ | -1.25516 | -2.15112 | 0.04817 |

Anhang 8

zu Experiment 2: t-Test Mittelwertsvergleich parallele versus nicht-parallele Pronomen
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|---------|---------|---------|
| 51 | P4 | 1.29625 | 1.96062 | 0.06877 |
| 54 | P4 | 0.88313 | 2.41433 | 0.02900 |
| 57 | P4 | 1.16281 | 2.88677 | 0.01129 |
| 60 | P4 | 1.26906 | 4.64277 | 0.00032 |
| 51 | PZ | 1.09703 | 2.13314 | 0.04984 |
| 54 | PZ | 1.74594 | 2.74186 | 0.01513 |
| 57 | PZ | 1.02469 | 2.66980 | 0.01749 |
| 60 | PZ | 1.25422 | 2.01857 | 0.06178 |
| 51 | T6 | 0.58484 | 1.79624 | 0.09262 |
| 54 | T6 | 0.88516 | 2.13895 | 0.04930 |
| 57 | T6 | 0.97828 | 2.26256 | 0.03894 |
| 60 | T6 | 0.88641 | 1.86937 | 0.08122 |

Anhang 9

zu Experiment 2:
Eigennamen

t-Test Mittelwertsvergleich parallele versus nicht-parallele
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 51 | C3 | -1.65234 | -2.60129 | 0.02005 |
| 54 | C3 | -2.44813 | -4.83720 | 0.00022 |
| 57 | C3 | -2.11344 | -3.92747 | 0.00134 |
| 60 | C3 | -1.70750 | -3.44692 | 0.00359 |
| 51 | C4 | -1.64547 | -2.09144 | 0.05392 |
| 54 | C4 | -2.30953 | -3.55702 | 0.00287 |
| 57 | C4 | -2.19156 | -3.39598 | 0.00399 |
| 60 | C4 | -1.84969 | -2.93307 | 0.01028 |
| 51 | CZ | -1.75797 | -2.32592 | 0.03445 |
| 54 | CZ | -2.50484 | -3.98190 | 0.00120 |
| 57 | CZ | -2.26688 | -3.56168 | 0.00284 |
| 60 | CZ | -1.92703 | -3.26873 | 0.00518 |
| 51 | P3 | -1.46969 | -1.88907 | 0.07837 |
| 54 | P3 | -2.41656 | -3.62246 | 0.00251 |
| 57 | P3 | -1.97609 | -2.80378 | 0.01336 |
| 60 | P3 | -1.53641 | -2.33451 | 0.03388 |
| 51 | P4 | -1.52438 | -1.90650 | 0.07593 |
| 54 | P4 | -2.33156 | -3.32207 | 0.00464 |
| 57 | P4 | -2.07719 | -2.81657 | 0.01302 |
| 60 | P4 | -1.76391 | -2.62417 | 0.01915 |
| 51 | PZ | -1.84531 | -2.40968 | 0.02927 |
| 54 | PZ | -2.73938 | -4.18659 | 0.00079 |
| 57 | PZ | -2.22266 | -3.10123 | 0.00730 |
| 60 | PZ | -1.90109 | -2.85321 | 0.01209 |

Anhang 10

zu Experiment 3: t-Test Mittelwertsvergleich ferne versus nahe Distanz für Ellipsen
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 8 | CZ | -0.33400 | -0.56968 | 0.57792 |
| 12 | CZ | -1.48406 | -2.29466 | 0.03660 |
| 16 | CZ | -1.38719 | -2.60241 | 0.02000 |
| 20 | CZ | -1.44188 | -2.35267 | 0.03271 |
| 8 | F3 | -1.00867 | -1.40232 | 0.18260 |
| 12 | F3 | -1.38594 | -1.95569 | 0.06939 |
| 16 | F3 | -1.13063 | -2.10025 | 0.05303 |
| 20 | F3 | -1.10547 | -1.81126 | 0.09017 |
| 8 | F4 | -1.12533 | -1.40998 | 0.18037 |
| 12 | F4 | -0.90188 | -2.17312 | 0.04620 |
| 16 | F4 | -1.57938 | -2.14562 | 0.04868 |
| 20 | F4 | -1.29828 | -2.03061 | 0.06041 |
| 8 | F7 | -0.78867 | -1.71813 | 0.10780 |
| 12 | F7 | -0.69969 | -1.85164 | 0.08386 |
| 16 | F7 | -1.43250 | -1.96307 | 0.06846 |
| 20 | F7 | -0.73234 | -1.98360 | 0.06591 |
| 8 | F8 | -0.28533 | -1.01736 | 0.32624 |
| 12 | F8 | -1.32156 | -1.79247 | 0.09325 |
| 16 | F8 | -0.87333 | -1.80336 | 0.09289 |
| 20 | F8 | -0.67733 | -1.71076 | 0.10918 |
| 8 | FC3 | -1.10600 | -1.61215 | 0.12924 |
| 12 | FC3 | -0.97933 | -2.20684 | 0.04453 |
| 16 | FC3 | -1.16031 | -2.20316 | 0.04363 |
| 20 | FC3 | -0.89766 | -1.94641 | 0.07058 |
| 8 | FC4 | -0.21733 | -0.55250 | 0.58932 |
| 12 | FC4 | -0.74733 | -2.05116 | 0.05945 |
| 16 | FC4 | -1.31422 | -2.34567 | 0.03316 |
| 20 | FC4 | -0.98467 | -2.15860 | 0.04873 |
| 8 | FZ | -0.74467 | -1.29030 | 0.21785 |
| 12 | FZ | -0.88133 | -2.07508 | 0.05689 |
| 16 | FZ | -0.93297 | -2.14546 | 0.04869 |
| 20 | FZ | -1.24000 | -2.67043 | 0.01746 |

Anhang 11

zu Experiment 3: t-Test Mittelwertsvergleich ferne versus nahe Distanz für MI-Anaphern
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 36 | C4 | -1.46844 | -2.04257 | 0.05908 |
| 40 | C4 | -1.02000 | -1.79716 | 0.09247 |
| 44 | C4 | -1.88267 | -1.91284 | 0.07645 |
| 36 | FC4 | -1.37906 | -3.00671 | 0.00885 |
| 40 | FC4 | -0.95547 | -2.04417 | 0.05890 |
| 44 | FC4 | -0.38984 | -2.00037 | 0.06390 |
| 36 | OZ | -1.17156 | -2.69214 | 0.01672 |
| 40 | OZ | -1.71922 | -4.36815 | 0.00055 |
| 44 | OZ | -1.30063 | -3.16437 | 0.00641 |
| 36 | P3 | -1.31219 | -2.90711 | 0.01084 |
| 40 | P3 | -1.76609 | -4.78719 | 0.00024 |
| 44 | P3 | -1.65406 | -3.96911 | 0.00123 |
| 36 | P4 | -1.03391 | -2.67433 | 0.01733 |
| 40 | P4 | -1.56984 | -4.26298 | 0.00068 |
| 44 | P4 | -1.37906 | -3.00671 | 0.00885 |
| 36 | PZ | -1.18109 | -4.56532 | 0.00037 |
| 40 | PZ | -1.46125 | -4.08010 | 0.00099 |
| 44 | PZ | -1.45937 | -2.61175 | 0.01963 |
| 36 | T6 | -1.59516 | -3.58513 | 0.00271 |
| 40 | T6 | -1.59937 | -3.08488 | 0.00755 |
| 44 | T6 | -0.85313 | -2.84583 | 0.01227 |

Anhang 12

zu Experiment 3: t-Test Mittelwertsvergleich MI-Anapher versus Kontrolle
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 48 | C3 | -0.28344 | -1.50151 | 0.15398 |
| 52 | C3 | -0.70141 | -2.00831 | 0.06297 |
| 56 | C3 | -2.16953 | -5.25901 | 0.00010 |
| 60 | C3 | -1.88109 | -4.36549 | 0.00055 |
| 64 | C3 | -1.65922 | -4.19006 | 0.00079 |
| 68 | C3 | -1.23156 | -2.68683 | 0.01690 |
| 72 | C3 | -0.37766 | -2.17004 | 0.04647 |
| 76 | C3 | -0.38984 | -1.94925 | 0.07022 |
| 80 | C3 | -0.67281 | -1.82993 | 0.08720 |
| 84 | C3 | -0.93828 | -2.88086 | 0.01143 |
| 48 | C4 | -1.24594 | -4.39969 | 0.00052 |
| 52 | C4 | -1.34766 | -3.36501 | 0.00425 |
| 56 | C4 | -1.38547 | -2.82518 | 0.01279 |
| 60 | C4 | -0.99219 | -2.13067 | 0.05007 |
| 64 | C4 | -0.77484 | -1.61417 | 0.12732 |
| 68 | C4 | -0.74469 | -1.46631 | 0.16321 |
| 72 | C4 | -0.95328 | -1.81198 | 0.09005 |
| 76 | C4 | -0.85859 | -1.50687 | 0.15261 |
| 80 | C4 | -1.57734 | -2.86858 | 0.01172 |
| 84 | C4 | -1.80844 | -3.01183 | 0.00876 |
| 48 | CZ | -2.28563 | -4.67220 | 0.00030 |
| 52 | CZ | -2.09453 | -4.21313 | 0.00075 |
| 56 | CZ | -1.86672 | -3.91254 | 0.00139 |
| 60 | CZ | -1.47922 | -2.88158 | 0.01141 |
| 64 | CZ | -1.29531 | -2.72849 | 0.01554 |
| 68 | CZ | -0.67906 | -1.41589 | 0.17724 |
| 72 | CZ | -0.57313 | -2.01615 | 0.06206 |
| 76 | CZ | -0.98156 | -3.97354 | 0.00122 |
| 80 | CZ | -1.16313 | -4.21498 | 0.00075 |
| 84 | CZ | -1.26922 | -3.64278 | 0.00241 |
| 48 | FC3 | -1.05594 | -3.12176 | 0.00700 |
| 52 | FC3 | -1.55563 | -5.66770 | 0.00004 |
| 56 | FC3 | -1.70750 | -4.76639 | 0.00025 |
| 60 | FC3 | -1.68734 | -3.54961 | 0.00291 |
| 64 | FC3 | -1.39937 | -2.87217 | 0.01163 |
| 68 | FC3 | -0.68734 | -1.50161 | 0.15395 |
| 72 | FC3 | -1.57594 | -2.46213 | 0.02640 |
| 76 | FC3 | -1.75531 | -3.00184 | 0.00894 |
| 80 | FC3 | -2.46031 | -5.05567 | 0.00014 |
| 84 | FC3 | -2.15297 | -4.27124 | 0.00067 |
| 48 | FC4 | -0.65516 | -1.77749 | 0.09576 |
| 52 | FC4 | -0.87672 | -1.88839 | 0.07847 |
| 56 | FC4 | -0.46031 | -1.79940 | 0.09210 |
| 60 | FC4 | -0.46031 | -1.79940 | 0.09210 |
| 64 | FC4 | -1.06672 | -1.94699 | 0.07051 |
| 68 | FC4 | -1.34594 | -2.84669 | 0.01225 |
| 72 | FC4 | -1.49531 | -3.18146 | 0.00619 |
| 76 | FC4 | -2.00422 | -4.38156 | 0.00054 |
| 80 | FC4 | -1.92344 | -4.16156 | 0.00084 |
| 84 | FC4 | -1.77813 | -4.01185 | 0.00113 |
| 48 | Oz | -0.73703 | -1.54585 | 0.14298 |
| 52 | Oz | -1.48222 | -3.63731 | 0.00269 |
| 56 | Oz | -1.01467 | -1.95750 | 0.07053 |
| 60 | Oz | -1.46516 | -3.13895 | 0.00676 |
| 64 | Oz | -1.57875 | -3.03605 | 0.00834 |
| 68 | Oz | -0.82989 | -1.52508 | 0.14951 |
| 72 | Oz | -0.93533 | -1.87378 | 0.08198 |
| 76 | Oz | -1.15433 | -2.20089 | 0.04503 |
| 80 | Oz | -0.82031 | -1.83629 | 0.08621 |
| 84 | Oz | -0.34609 | -1.83562 | 0.08632 |
| 48 | P3 | -0.94547 | -2.65608 | 0.01797 |
| 52 | P3 | -0.57453 | -1.58712 | 0.13334 |
| 56 | P3 | -1.04328 | -2.14113 | 0.04909 |
| 60 | P3 | -1.24031 | -3.03239 | 0.00840 |

| | | | | |
|----|----|----------|----------|---------|
| 64 | P3 | -1.65938 | -4.65751 | 0.00031 |
| 68 | P3 | -1.42547 | -3.74688 | 0.00194 |
| 72 | P3 | -1.30438 | -3.38244 | 0.00410 |
| 76 | P3 | -1.12203 | -2.57625 | 0.02107 |
| 80 | P3 | -0.92328 | -2.05525 | 0.05770 |
| 84 | P3 | -0.27188 | -1.64841 | 0.12005 |
| 48 | P4 | -0.29781 | -1.58278 | 0.13433 |
| 52 | P4 | -0.66203 | -2.11949 | 0.05114 |
| 56 | P4 | -0.88938 | -2.79930 | 0.01348 |
| 60 | P4 | -1.13141 | -4.03187 | 0.00109 |
| 64 | P4 | -1.08047 | -3.04024 | 0.00827 |
| 68 | P4 | -1.11750 | -2.58163 | 0.02085 |
| 72 | P4 | -0.93188 | -2.22025 | 0.04223 |
| 76 | P4 | -0.80734 | -2.00911 | 0.06287 |
| 80 | P4 | -0.70672 | -1.59588 | 0.13136 |
| 84 | P4 | -0.96125 | -2.06195 | 0.05698 |
| 48 | PZ | -1.81813 | -4.24328 | 0.00071 |
| 52 | PZ | -1.46611 | -1.83965 | 0.08712 |
| 56 | PZ | -1.33056 | -1.87161 | 0.08230 |
| 60 | PZ | -1.49267 | -1.92487 | 0.07481 |
| 64 | PZ | -1.56111 | -2.41713 | 0.02987 |
| 68 | PZ | -1.45125 | -2.91481 | 0.01067 |
| 72 | PZ | -1.10016 | -2.90178 | 0.01096 |
| 76 | PZ | -1.58000 | -4.82988 | 0.00022 |
| 80 | PZ | -2.31469 | -3.91648 | 0.00137 |
| 84 | PZ | -1.28859 | -5.04840 | 0.00014 |
| 48 | T3 | -1.20933 | -3.04038 | 0.00882 |
| 52 | T3 | -1.74700 | -3.27382 | 0.00554 |
| 56 | T3 | -1.44044 | -2.61632 | 0.02032 |
| 60 | T3 | -0.97811 | -2.00789 | 0.06436 |
| 64 | T3 | -1.00444 | -1.99847 | 0.06547 |
| 68 | T3 | -1.12433 | -2.31481 | 0.03632 |
| 72 | T3 | -1.38222 | -3.09237 | 0.00795 |
| 76 | T3 | -1.56633 | -3.08854 | 0.00801 |
| 80 | T3 | -1.05633 | -2.27367 | 0.03926 |
| 84 | T3 | -1.02956 | -2.43672 | 0.02877 |
| 48 | T4 | -0.97203 | -2.06208 | 0.05697 |
| 52 | T4 | -0.44172 | -2.34807 | 0.03300 |
| 56 | T4 | -0.83969 | -2.08978 | 0.05408 |
| 60 | T4 | -1.42922 | -2.72145 | 0.01577 |
| 64 | T4 | -1.46703 | -2.24485 | 0.04028 |
| 68 | T4 | -1.74156 | -2.40804 | 0.02936 |
| 72 | T4 | -1.40109 | -2.34483 | 0.03321 |
| 76 | T4 | -1.10656 | -2.03054 | 0.06042 |
| 80 | T4 | -0.41672 | -2.23291 | 0.04122 |
| 84 | T4 | -0.41734 | -1.92377 | 0.07357 |
| 48 | T5 | -1.01867 | -2.29570 | 0.03766 |
| 52 | T5 | -2.04744 | -3.32173 | 0.00504 |
| 56 | T5 | -1.75656 | -2.81180 | 0.01385 |
| 60 | T5 | -0.98047 | -2.97022 | 0.00953 |
| 64 | T5 | -1.54203 | -4.08179 | 0.00098 |
| 68 | T5 | -1.56641 | -3.19026 | 0.00608 |
| 72 | T5 | -1.76328 | -2.91598 | 0.01064 |
| 76 | T5 | -2.04953 | -4.35887 | 0.00056 |
| 80 | T5 | -2.25875 | -4.74336 | 0.00026 |
| 84 | T5 | -1.46789 | -2.69018 | 0.01759 |
| 48 | T6 | -0.69516 | -1.86830 | 0.08138 |
| 52 | T6 | -1.02641 | -2.05377 | 0.05786 |
| 56 | T6 | -1.57281 | -2.56384 | 0.02160 |
| 60 | T6 | -1.79641 | -3.92980 | 0.00134 |
| 64 | T6 | -1.37031 | -2.72065 | 0.01579 |
| 68 | T6 | -1.08063 | -2.55543 | 0.02196 |
| 72 | T6 | -0.75672 | -1.97989 | 0.06637 |
| 76 | T6 | -1.81375 | -2.56967 | 0.02135 |
| 80 | T6 | -1.43422 | -1.70624 | 0.10858 |
| 84 | T6 | -1.53859 | -2.21675 | 0.04251 |

Anhang 13

zu Experiment 3: t-Test Mittelwertsvergleich Ellipsen versus Kontrolle
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 32 | C3 | -0.76944 | -1.59393 | 0.13327 |
| 36 | C3 | -0.75333 | -1.78580 | 0.09580 |
| 40 | C3 | -1.33300 | -2.25675 | 0.04053 |
| 44 | C3 | -1.86144 | -3.42364 | 0.00411 |
| 48 | C3 | -1.26311 | -2.05211 | 0.05935 |
| 52 | C3 | -0.63078 | -0.71516 | 0.48626 |
| 56 | C3 | -0.17900 | -0.23985 | 0.81392 |
| 60 | C3 | -0.89922 | -1.43903 | 0.17212 |
| 64 | C3 | -1.70856 | -2.50786 | 0.02508 |
| 68 | C3 | -1.62300 | -2.12567 | 0.05181 |
| 72 | C3 | -1.57233 | -2.28155 | 0.03868 |
| 76 | C3 | -1.90633 | -2.92040 | 0.01118 |
| 80 | C3 | -1.13811 | -1.87626 | 0.08162 |
| 84 | C3 | -1.38000 | -2.06139 | 0.05834 |
| 88 | C3 | -1.48522 | -1.86815 | 0.08281 |
| 32 | C4 | -0.06889 | -0.12916 | 0.89907 |
| 36 | C4 | -0.82311 | -1.66178 | 0.11878 |
| 40 | C4 | -1.51767 | -2.67024 | 0.01829 |
| 44 | C4 | -1.51311 | -3.10991 | 0.00768 |
| 48 | C4 | -1.02411 | -1.85807 | 0.08431 |
| 52 | C4 | -0.51989 | -0.57290 | 0.57580 |
| 56 | C4 | -0.43756 | -0.60012 | 0.55802 |
| 60 | C4 | -1.19433 | -1.47777 | 0.16161 |
| 64 | C4 | -1.97233 | -2.45955 | 0.02753 |
| 68 | C4 | -1.60489 | -1.90852 | 0.07704 |
| 72 | C4 | -1.62289 | -2.08206 | 0.05616 |
| 76 | C4 | -2.07022 | -3.01082 | 0.00935 |
| 80 | C4 | -1.51856 | -2.17365 | 0.04738 |
| 84 | C4 | -1.85878 | -2.79851 | 0.01422 |
| 88 | C4 | -1.69900 | -2.39619 | 0.03109 |
| 32 | CZ | -0.28611 | -0.52481 | 0.60793 |
| 36 | CZ | -1.03167 | -2.32123 | 0.03587 |
| 40 | CZ | -1.54122 | -2.43984 | 0.02860 |
| 44 | CZ | -1.80033 | -3.03707 | 0.00887 |
| 48 | CZ | -1.08689 | -1.56939 | 0.13888 |
| 52 | CZ | -0.38544 | -0.36990 | 0.71699 |
| 56 | CZ | -0.53044 | -0.64795 | 0.52750 |
| 60 | CZ | -1.59667 | -2.08433 | 0.05593 |
| 64 | CZ | -2.38189 | -3.02850 | 0.00903 |
| 68 | CZ | -1.70600 | -2.03589 | 0.06114 |
| 72 | CZ | -1.63633 | -2.06036 | 0.05846 |
| 76 | CZ | -2.28856 | -3.03447 | 0.00892 |
| 80 | CZ | -1.73611 | -2.66477 | 0.01849 |
| 84 | CZ | -1.97356 | -2.85743 | 0.01266 |
| 88 | CZ | -2.08000 | -2.55617 | 0.02284 |
| 4 | F3 | -0.26622 | -0.99266 | 0.33772 |
| 8 | F3 | -0.70833 | -1.75009 | 0.10198 |
| 12 | F3 | -0.71522 | -1.56608 | 0.13965 |
| 16 | F3 | -1.10189 | -2.14741 | 0.04976 |
| 32 | F3 | -1.67178 | -4.67296 | 0.00036 |
| 36 | F3 | -0.32344 | -0.87850 | 0.39450 |
| 40 | F3 | -0.90322 | -1.85806 | 0.08431 |
| 44 | F3 | -1.04078 | -1.98759 | 0.06678 |
| 48 | F3 | -0.94122 | -1.49666 | 0.15668 |
| 52 | F3 | -0.53267 | -0.63450 | 0.53599 |
| 56 | F3 | -0.04800 | -0.06022 | 0.95283 |
| 60 | F3 | -0.71500 | -0.96033 | 0.35318 |
| 64 | F3 | -1.50556 | -2.03237 | 0.06154 |
| 68 | F3 | -1.49822 | -1.86968 | 0.08259 |
| 72 | F3 | -1.32911 | -2.05841 | 0.05867 |
| 76 | F3 | -1.64844 | -2.45934 | 0.02754 |
| 80 | F3 | -1.43667 | -2.09174 | 0.05517 |
| 84 | F3 | -1.81678 | -2.68960 | 0.01761 |
| 88 | F3 | -1.94511 | -2.61278 | 0.02046 |
| 4 | F4 | -0.52800 | -1.46991 | 0.16370 |

| | | | | |
|----|-----|----------|----------|---------|
| 8 | F4 | -0.83078 | -1.69101 | 0.11297 |
| 12 | F4 | -1.04044 | -2.07295 | 0.05712 |
| 16 | F4 | -1.24989 | -2.26930 | 0.03959 |
| 32 | F4 | -1.02722 | -2.16661 | 0.04801 |
| 36 | F4 | -0.38844 | -0.81469 | 0.42889 |
| 40 | F4 | -0.94011 | -1.77965 | 0.09684 |
| 44 | F4 | -0.90311 | -1.83360 | 0.08806 |
| 48 | F4 | -0.87111 | -1.32862 | 0.20522 |
| 52 | F4 | -0.31944 | -0.35816 | 0.72557 |
| 56 | F4 | -0.30622 | -0.38093 | 0.70898 |
| 60 | F4 | -0.91756 | -1.11830 | 0.28226 |
| 64 | F4 | -1.76044 | -2.03967 | 0.06072 |
| 68 | F4 | -1.51711 | -1.70667 | 0.10996 |
| 72 | F4 | -1.29689 | -1.62424 | 0.12662 |
| 76 | F4 | -1.76222 | -2.21183 | 0.04411 |
| 80 | F4 | -1.82333 | -2.34880 | 0.03404 |
| 84 | F4 | -2.15411 | -2.91444 | 0.01131 |
| 88 | F4 | -2.15022 | -2.88058 | 0.01210 |
| 4 | F7 | -0.12878 | -0.52905 | 0.60506 |
| 8 | F7 | -0.47078 | -2.31311 | 0.03643 |
| 12 | F7 | -0.48111 | -1.70850 | 0.10961 |
| 16 | F7 | -0.82022 | -2.37048 | 0.03266 |
| 4 | F8 | -0.49078 | -1.89699 | 0.07865 |
| 8 | F8 | -0.82433 | -2.69980 | 0.01726 |
| 12 | F8 | -1.02800 | -3.05161 | 0.00862 |
| 16 | F8 | -1.13100 | -3.17336 | 0.00677 |
| 32 | F8 | -1.18578 | -2.74048 | 0.01594 |
| 36 | F8 | -0.62756 | -1.83418 | 0.08797 |
| 40 | F8 | -0.17389 | -0.40632 | 0.69065 |
| 44 | F8 | -0.16422 | -0.35462 | 0.72816 |
| 48 | F8 | -0.19611 | -0.40357 | 0.69263 |
| 52 | F8 | -0.11644 | -0.18190 | 0.85827 |
| 56 | F8 | -0.25633 | -0.40054 | 0.69481 |
| 60 | F8 | -0.58244 | -0.88326 | 0.39201 |
| 64 | F8 | -1.24233 | -1.74890 | 0.10219 |
| 68 | F8 | -1.16189 | -1.77263 | 0.09804 |
| 72 | F8 | -1.29378 | -2.14478 | 0.05000 |
| 76 | F8 | -1.73589 | -2.69134 | 0.01755 |
| 80 | F8 | -1.49889 | -2.33359 | 0.03504 |
| 84 | F8 | -1.63911 | -2.63863 | 0.01946 |
| 88 | F8 | -1.84433 | -2.85617 | 0.01269 |
| 4 | FC3 | -0.24589 | -0.86474 | 0.40176 |
| 8 | FC3 | -0.64400 | -1.44169 | 0.17138 |
| 12 | FC3 | -0.57689 | -1.35377 | 0.19726 |
| 16 | FC3 | -0.90911 | -1.94574 | 0.07205 |
| 32 | FC3 | -1.40978 | -3.18058 | 0.00667 |
| 36 | FC3 | -0.54444 | -1.35057 | 0.19826 |
| 40 | FC3 | -1.21211 | -2.15618 | 0.04895 |
| 44 | FC3 | -1.52222 | -2.53944 | 0.02360 |
| 48 | FC3 | -1.15144 | -1.74668 | 0.10258 |
| 52 | FC3 | -0.54344 | -0.60350 | 0.55583 |
| 56 | FC3 | -0.05556 | -0.07095 | 0.94444 |
| 60 | FC3 | -0.99778 | -1.40912 | 0.18062 |
| 64 | FC3 | -1.74589 | -2.44496 | 0.02832 |
| 68 | FC3 | -1.71478 | -2.16837 | 0.04785 |
| 72 | FC3 | -1.65222 | -2.38729 | 0.03163 |
| 76 | FC3 | -2.00178 | -3.06315 | 0.00843 |
| 80 | FC3 | -1.49322 | -2.27956 | 0.03882 |
| 84 | FC3 | -1.81067 | -2.68134 | 0.01790 |
| 88 | FC3 | -1.91644 | -2.38865 | 0.03155 |
| 4 | FC4 | -0.52578 | -1.69590 | 0.11202 |
| 8 | FC4 | -0.82122 | -1.75893 | 0.10042 |
| 12 | FC4 | -0.97244 | -2.12459 | 0.05191 |
| 16 | FC4 | -1.20289 | -2.58571 | 0.02157 |
| 32 | FC4 | -0.58533 | -1.23957 | 0.23551 |
| 36 | FC4 | -0.54022 | -1.18442 | 0.25597 |
| 40 | FC4 | -1.18356 | -2.31475 | 0.03632 |
| 44 | FC4 | -1.22178 | -2.57188 | 0.02216 |
| 48 | FC4 | -0.95311 | -1.60265 | 0.13133 |

| | | | | |
|----|-----|----------|----------|---------|
| 52 | FC4 | -0.41722 | -0.45961 | 0.65285 |
| 56 | FC4 | -0.51756 | -0.67709 | 0.50938 |
| 60 | FC4 | -1.30489 | -1.60081 | 0.13174 |
| 64 | FC4 | -2.17878 | -2.67969 | 0.01796 |
| 68 | FC4 | -1.81000 | -2.13022 | 0.05137 |
| 72 | FC4 | -1.72089 | -2.20607 | 0.04459 |
| 76 | FC4 | -2.27289 | -3.08636 | 0.00805 |
| 80 | FC4 | -2.02122 | -2.88699 | 0.01195 |
| 84 | FC4 | -2.34844 | -3.45272 | 0.00388 |
| 88 | FC4 | -2.29356 | -3.20972 | 0.00630 |
| 4 | FPZ | -0.45289 | -1.66317 | 0.11849 |
| 8 | FPZ | -0.73133 | -2.71990 | 0.01660 |
| 12 | FPZ | -0.86311 | -2.93621 | 0.01084 |
| 16 | FPZ | -1.11578 | -2.86552 | 0.01246 |
| 4 | FZ | -0.42367 | -1.14310 | 0.27217 |
| 8 | FZ | -0.75833 | -1.46656 | 0.16460 |
| 12 | FZ | -0.94644 | -1.81785 | 0.09054 |
| 16 | FZ | -1.32400 | -2.19503 | 0.04552 |
| 32 | OZ | -2.47967 | -4.87150 | 0.00025 |
| 36 | OZ | -2.07344 | -4.03144 | 0.00124 |
| 40 | OZ | -1.78011 | -2.85012 | 0.01285 |
| 44 | OZ | -2.15667 | -5.37441 | 0.00010 |
| 48 | OZ | -1.21889 | -2.57102 | 0.02219 |
| 52 | OZ | -0.90033 | -1.54079 | 0.14566 |
| 56 | OZ | -0.94744 | -1.73519 | 0.10466 |
| 60 | OZ | -0.22644 | -0.42512 | 0.67721 |
| 64 | OZ | -0.87267 | -1.41155 | 0.17992 |
| 68 | OZ | -0.89622 | -1.38843 | 0.18670 |
| 72 | OZ | -0.51767 | -0.79641 | 0.43909 |
| 76 | OZ | -0.68067 | -1.09654 | 0.29135 |
| 80 | OZ | -0.41867 | -0.66353 | 0.51777 |
| 84 | OZ | -0.21144 | -0.40402 | 0.69230 |
| 88 | OZ | -0.30122 | -0.47214 | 0.64410 |
| 32 | P3 | -1.20022 | -2.07276 | 0.05714 |
| 36 | P3 | -1.69556 | -3.35756 | 0.00469 |
| 40 | P3 | -1.91444 | -2.74671 | 0.01575 |
| 44 | P3 | -2.52522 | -5.12533 | 0.00015 |
| 48 | P3 | -1.55567 | -2.41229 | 0.03015 |
| 52 | P3 | -1.12956 | -1.30358 | 0.21341 |
| 56 | P3 | -0.67778 | -0.95395 | 0.35629 |
| 60 | P3 | -0.38978 | -0.65867 | 0.52079 |
| 64 | P3 | -1.30144 | -1.99566 | 0.06581 |
| 68 | P3 | -1.28800 | -1.78179 | 0.09648 |
| 72 | P3 | -0.93911 | -1.41068 | 0.18017 |
| 76 | P3 | -1.23022 | -1.96005 | 0.07020 |
| 80 | P3 | -0.22656 | -0.36774 | 0.71857 |
| 84 | P3 | -0.31200 | -0.51840 | 0.61227 |
| 88 | P3 | -0.20356 | -0.25181 | 0.80484 |
| 32 | P4 | -1.90589 | -2.96738 | 0.01019 |
| 36 | P4 | -1.82744 | -2.66582 | 0.01845 |
| 40 | P4 | -1.94122 | -2.59583 | 0.02115 |
| 44 | P4 | -2.22700 | -3.89610 | 0.00161 |
| 48 | P4 | -0.97300 | -1.72141 | 0.10719 |
| 52 | P4 | -0.89433 | -1.01560 | 0.32705 |
| 56 | P4 | -0.05089 | -0.07445 | 0.94170 |
| 60 | P4 | -0.73222 | -1.05320 | 0.31009 |
| 64 | P4 | -1.53511 | -1.97084 | 0.06884 |
| 68 | P4 | -1.37356 | -1.76381 | 0.09956 |
| 72 | P4 | -1.16089 | -1.57651 | 0.13723 |
| 76 | P4 | -1.55978 | -2.22896 | 0.04271 |
| 80 | P4 | -0.44311 | -0.63746 | 0.53411 |
| 84 | P4 | -0.88444 | -1.44990 | 0.16912 |
| 88 | P4 | -0.51444 | -0.74429 | 0.46901 |
| 32 | PZ | -1.68789 | -2.80516 | 0.01404 |
| 36 | PZ | -1.92789 | -3.53384 | 0.00331 |
| 40 | PZ | -2.04389 | -2.62733 | 0.01989 |
| 44 | PZ | -2.30333 | -4.26729 | 0.00078 |
| 48 | PZ | -1.14678 | -1.67669 | 0.11578 |
| 52 | PZ | -0.64011 | -0.71454 | 0.48664 |
| 56 | PZ | -0.05011 | -0.06769 | 0.94699 |
| 60 | PZ | -0.93978 | -1.43589 | 0.17300 |

| | | | | |
|----|----|----------|----------|---------|
| 64 | PZ | -1.65400 | -2.37100 | 0.03263 |
| 68 | PZ | -1.32100 | -1.69484 | 0.11222 |
| 72 | PZ | -1.12900 | -1.54900 | 0.14369 |
| 76 | PZ | -1.42833 | -2.05533 | 0.05900 |
| 80 | PZ | -0.48422 | -0.72084 | 0.48287 |
| 84 | PZ | -0.74467 | -1.08710 | 0.29536 |
| 88 | PZ | -0.48344 | -0.59897 | 0.55876 |
| 32 | T3 | -0.91122 | -2.16288 | 0.04834 |
| 36 | T3 | -0.08478 | -0.24673 | 0.80870 |
| 40 | T3 | -0.81100 | -2.18180 | 0.04666 |
| 44 | T3 | -1.34000 | -3.79310 | 0.00198 |
| 48 | T3 | -1.08089 | -2.54480 | 0.02335 |
| 52 | T3 | -0.91678 | -1.48688 | 0.15922 |
| 56 | T3 | -0.82489 | -1.42874 | 0.17501 |
| 60 | T3 | -0.35944 | -0.71559 | 0.48601 |
| 64 | T3 | -0.54133 | -0.99810 | 0.33517 |
| 68 | T3 | -1.05878 | -1.70417 | 0.11043 |
| 72 | T3 | -1.32711 | -2.47864 | 0.02654 |
| 76 | T3 | -1.17544 | -2.44362 | 0.02839 |
| 80 | T3 | -0.49522 | -0.90705 | 0.37973 |
| 84 | T3 | -0.71044 | -1.17844 | 0.25826 |
| 88 | T3 | -0.67544 | -1.01611 | 0.32682 |
| 32 | T5 | -1.39122 | -2.99908 | 0.00957 |
| 36 | T5 | -1.05611 | -2.66901 | 0.01834 |
| 40 | T5 | -1.47844 | -2.81927 | 0.01365 |
| 44 | T5 | -2.34789 | -6.12730 | 0.00003 |
| 48 | T5 | -1.52978 | -3.56769 | 0.00309 |
| 52 | T5 | -1.48967 | -2.19250 | 0.04574 |
| 56 | T5 | -1.39656 | -2.39768 | 0.03101 |
| 60 | T5 | -0.70756 | -1.42591 | 0.17581 |
| 64 | T5 | -0.48156 | -0.76319 | 0.45802 |
| 68 | T5 | -1.06833 | -1.63170 | 0.12502 |
| 72 | T5 | -0.83233 | -1.37607 | 0.19041 |
| 76 | T5 | -0.94422 | -1.70398 | 0.11047 |
| 80 | T5 | -0.04133 | -0.07082 | 0.94454 |
| 84 | T5 | -0.16078 | -0.27774 | 0.78527 |
| 88 | T5 | -0.49433 | -0.77780 | 0.44963 |
| 32 | T6 | -2.43911 | -3.99682 | 0.00132 |
| 36 | T6 | -1.63622 | -2.21865 | 0.04355 |
| 40 | T6 | -1.32933 | -2.15651 | 0.04892 |
| 44 | T6 | -1.96111 | -3.73981 | 0.00220 |
| 48 | T6 | -0.69356 | -1.43713 | 0.17265 |
| 52 | T6 | -1.06011 | -1.41398 | 0.17922 |
| 56 | T6 | -0.63511 | -1.13343 | 0.27607 |
| 60 | T6 | -0.21589 | -0.36712 | 0.71902 |
| 64 | T6 | -0.91633 | -1.14918 | 0.26974 |
| 68 | T6 | -1.10856 | -1.50110 | 0.15554 |
| 72 | T6 | -0.95200 | -1.27407 | 0.22338 |
| 76 | T6 | -1.12789 | -1.72366 | 0.10677 |
| 80 | T6 | -0.00967 | -0.01356 | 0.98938 |
| 84 | T6 | -0.04122 | -0.07881 | 0.93830 |
| 88 | T6 | -0.13100 | -0.24830 | 0.80751 |

Anhang 14

zu Experiment 3: t-Test Mittelwertsvergleich Ellipse versus Verb des Kontrollsatzes
(pro Zeitfenster und Elektrodenort)

| ZEIT | KANAL | MITTEL | TWERT | TPROB |
|------|-------|----------|----------|---------|
| 52 | OZ | 0.18333 | 0.18729 | 0.85412 |
| 56 | OZ | 0.72800 | 0.66776 | 0.51514 |
| 60 | OZ | 1.85733 | 1.67439 | 0.11624 |
| 64 | OZ | 1.93967 | 1.94586 | 0.07203 |
| 68 | OZ | 2.28600 | 2.39133 | 0.03139 |
| 72 | OZ | 3.84667 | 3.19438 | 0.00649 |
| 76 | OZ | 3.03400 | 2.78301 | 0.01466 |
| 80 | OZ | 1.40733 | 1.49160 | 0.15799 |
| 52 | P3 | 0.57933 | 0.51887 | 0.61196 |
| 56 | P3 | 1.07433 | 0.91124 | 0.37759 |
| 60 | P3 | 2.63833 | 2.11028 | 0.05331 |
| 64 | P3 | 2.68567 | 2.34921 | 0.03401 |
| 68 | P3 | 2.59633 | 2.15953 | 0.04865 |
| 72 | P3 | 3.82167 | 2.88632 | 0.01196 |
| 76 | P3 | 3.06167 | 2.54456 | 0.02336 |
| 80 | P3 | 1.80900 | 1.78524 | 0.09590 |
| 52 | P4 | 0.72700 | 0.61404 | 0.54904 |
| 56 | P4 | 1.66000 | 1.25111 | 0.23140 |
| 60 | P4 | 3.20167 | 2.26061 | 0.04024 |
| 64 | P4 | 3.51533 | 2.62080 | 0.02014 |
| 68 | P4 | 3.37933 | 2.67793 | 0.01802 |
| 72 | P4 | 4.03733 | 3.14800 | 0.00712 |
| 76 | P4 | 3.65833 | 3.10270 | 0.00779 |
| 80 | P4 | 1.91167 | 1.90245 | 0.07789 |
| 52 | PZ | 1.41767 | 1.15125 | 0.26891 |
| 56 | PZ | 2.29700 | 1.67760 | 0.11560 |
| 60 | PZ | 3.81300 | 2.64590 | 0.01918 |
| 64 | PZ | 3.65200 | 2.82662 | 0.01346 |
| 68 | PZ | 3.26033 | 2.50234 | 0.02535 |
| 72 | PZ | 3.69800 | 2.55233 | 0.02301 |
| 76 | PZ | 3.24067 | 2.45381 | 0.02784 |
| 80 | PZ | 2.31733 | 2.23250 | 0.04243 |
| 52 | T4 | 0.10033 | 0.13556 | 0.89410 |
| 56 | T4 | 0.72767 | 0.90607 | 0.38023 |
| 60 | T4 | 1.78633 | 2.06006 | 0.05849 |
| 64 | T4 | 2.24533 | 2.53896 | 0.02362 |
| 68 | T4 | 1.96000 | 2.26500 | 0.03991 |
| 72 | T4 | 2.25400 | 2.68657 | 0.01772 |
| 76 | T4 | 2.24967 | 2.73172 | 0.01622 |
| 80 | T4 | 1.36533 | 1.92830 | 0.07435 |
| 52 | T5 | -0.80633 | -0.84089 | 0.41454 |
| 56 | T5 | -0.39867 | -0.50275 | 0.62295 |
| 60 | T5 | 0.85167 | 1.03061 | 0.32020 |
| 64 | T5 | 1.07867 | 1.19121 | 0.25338 |
| 68 | T5 | 1.83067 | 2.05426 | 0.05911 |
| 72 | T5 | 3.98300 | 3.53171 | 0.00332 |
| 76 | T5 | 3.45667 | 3.13635 | 0.00729 |
| 80 | T5 | 1.76533 | 1.82280 | 0.08976 |
| 52 | T6 | -0.17167 | -0.16103 | 0.87437 |
| 56 | T6 | 0.47867 | 0.43006 | 0.67370 |
| 60 | T6 | 1.94900 | 1.68476 | 0.11419 |
| 64 | T6 | 2.31767 | 1.84541 | 0.08623 |
| 68 | T6 | 3.24067 | 2.72126 | 0.01655 |
| 72 | T6 | 4.49800 | 3.71122 | 0.00233 |
| 76 | T6 | 3.53167 | 3.20199 | 0.00640 |
| 80 | T6 | 1.40500 | 1.35141 | 0.19800 |

Danksagung

Mein Dank gilt den vielen Menschen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Prof. Frank Rösler danke ich für die gute Betreuung. Er hat mich in allen Phasen der Arbeit unterstützt und gefördert. Sein großes Interesse an der Erforschung der Sprache hat mich sehr motiviert.

Prof. Harald Lachnit danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens. Bereits während meines Studiums weckte er mein Interesse an der allgemeinen Psychologie und auch dafür möchte ich ihm danken.

Ich danke Erwin Hennighausen, der meine experimentellen Designs in die Sprache der Computer übersetzt hat und auch vor den komplexesten Permutationen nicht zurückschreckte.

Die Idee für das 3. Experiment geht zurück auf eine Untersuchung von Monika Hofmann [siehe Hofmann, M. (1998). Sprachverstehensprozesse bei unvollständigen Satzstrukturen. In H. Lachnit, A. Jacobs & F. Rösler (Hrsg.), *Experimentelle Psychologie* (S.140). Lengerich: Papst]. Danke für den inspirierenden verbalen und elektronischen Gedankenaustausch.

Patrick Langer und Kerstin Jost danke ich für ihre Bereitschaft, diese Arbeit Korrektur zu lesen (...und meine unzusammenhängenden anaphorischen Verweise zu entwirren).

Brigitte Röder hat mich in das EEG-Labor eingearbeitet und stets in allem hilfreich unterstützt. Danke.

André Scherag und Patrick Khader danke ich für die Durchführung (Elektrodenputzen will gelernt sein!) des dritten Experimentes.

Bettina Rolke danke ich für ihr stetes (!!!) Interesse am Fortgang meiner Arbeit und für die schöne Zeit mit ihr in unserem Zimmer.

Kerstin („Gräfin Zahl“) Jost und den Nichtsprachforschern Martin Heil und Bettina Rolke danke ich für die unzähligen Diskussionen zur „N400“ (für eine zusammenfassende Darstellung siehe Streb, 2000).

Jascha Rüsseler, Jasmin Bajric, Hubertus Haan, Kerstin Jost und Kristina Nielsen danke ich für die kurzweiligen Gespräche auf dem Weg zur Mensa (...und cand. Prof. Dr. Martin Heil fürs Brötchenholen, wenn's mit der Mensa mal nicht klappte!!)

Matthias Wenning, Anne Kriegseis, André Knops, Marion Rösner, Maren Struve, Franziska Dietz, Jonas Bauer, Oliver Stock, Tobias Heed, Dirk Jäger, Petra Fiderer, Christian Häußler, Oliver Nadig, Lisa Demuth, Matthias Möller, Adjuta Bertsch und allen oben schon genannten danke ich fürs Feiern, Jungeln, Boulen, (...) einfach dafür, daß es in unserer Arbeitsgruppe immer so nett war und wir so viel Spaß hatten.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mich stets in allem liebevoll unterstützt haben.

...und Patrick brauch' ich nicht zu danken, mit dem bin ich verheiratet. Trotzdem: Danke für alles, das „Leben, das Universum und der ganze Rest“.

Erklärung

Ich versichere, daß ich meine Dissertation

Hirnelektrische Korrelate der Verarbeitung anaphorischer Verweise

selbständig, ohne unerlaubte Hilfe angefertigt und mich dabei keiner anderen als der von mir ausdrücklich bezeichneten Quellen und Hilfen bedient habe.

Die Dissertation wurde in der jetzigen oder einer ähnlichen Form noch bei keiner anderen Hochschule eingereicht und hat noch keinen sonstigen Prüfungszwecken gedient.

Marburg, 26.1.00

Judith Streb