



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Das verbale Langzeitgedächtnis und ereigniskorrelierte
Potentiale bei Personen mit und ohne Epilepsie

Verfasserin

Judith Ifkovits

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl: A 298

Studienrichtung: Diplomstudium Psychologie

Betreuer: A.o. Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel

DANKSAGUNG

An erster Stelle danke ich meinem Betreuer, A.o. Univ.-Prof. Dr. Michael Trimmel, der es mir überhaupt ermöglichte, mich mit einem äußerst interessanten Thema auseinanderzusetzen und vieles zu lernen. Ich bin dankbar für seine kompetente Betreuung, seine Geduld und die Zeit, die er für mich aufopferte. Außerdem bedanke ich mich bei Frau A.o. Univ.-Prof. Dr. Ekaterina Pataraiia und Frau Dr. Karin Trimmel für eine angenehme und anregende Zusammenarbeit. Großer Dank gilt auch Herrn Ass. Prof. Dr. DI Gerald Lindinger für seine Unterstützung und Geduld bei allen technischen Fragen zum EEG. Natürlich möchte ich mich bei allen bedanken, die mich durch ihre Teilnahme an meiner Studie unterstützten. Besonders möchte ich meiner Kollegin und lieben Freundin Marlene Weberberger für eine Zeit wünschenswerter Zusammenarbeit in diesem Jahr und für ihre Freundschaft danken.

Ich danke außerdem all meinen Freunden und Verwandten, die mich auf meinem Weg durch mein Studium begleiteten. Vor allem möchte ich mich bei meinem Bruder und meiner Schwester bedanken, von denen ich sehr viel lernen durfte. Großer Dank gilt meinem Vater, der mir mein Studium durch seine großzügige finanzielle Unterstützung ermöglichte. Er war in den letzten fünf Jahren nicht nur sozusagen mein persönliches Lexikon für Psychologie, sondern auch in anderen Lebenslagen eine wichtige emotionale Stütze für mich. Auch möchte ich meinen Tanten danken, dass sie für mich da waren, wenn ich sie brauchte. Ich bedanke mich außerdem bei Peter und Helga, die mich immer mit offenen Armen aufnahmen und mich durch ihre fürsorgliche und fröhliche Art unterstützten.

Besonders danke ich meinem Freund, der mir auch in stressigen und schwierigen Zeiten stets den Rücken stärkte und mich durch sein großes Herz inspirierte.

Mein größter Dank gilt meiner Mutter, die mich selbst in der schwierigsten Zeit ihres Lebens durch ihre liebevolle Art ermutigte und unterstützte. Sie war und ist mir durch ihre Persönlichkeit und unschätzbare Stärke an jedem Tag ein großes Vorbild. Ich danke dir für deine finanzielle und emotionale Unterstützung und für alles, was ich von dir gelernt habe und noch lernen werde.

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich, Judith Ifkovits, erkläre hiermit, die vorliegende Diplomarbeit selbstständig abgefasst zu haben und mich ausschließlich angegebener Quellen und keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient zu haben.

Außerdem wurde diese Diplomarbeit weder im In- noch Ausland einem Beurteiler oder einer Beurteilerin in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt und stimmt mit der vom Betreuer beurteilten Version überein.

Ort, Datum

Unterschrift

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG	9
1.1 Problemstellung	9
1.2 Stand des Wissens	9
1.2.1 Der Begriff „Langzeitgedächtnis“ und die Möglichkeiten zur Messung	9
1.2.2 Lokalisation des verbalen Langzeitgedächtnisses im Gehirn	14
1.2.2.1 Die Rolle des Temporallappens und seiner Strukturen	14
1.2.2.2 Die Rolle des Frontallappens und seiner Strukturen	18
1.2.2.3 Ein Netzwerk aus mehreren Gehirnregionen	19
1.2.3 Erläuterung der Krankheit Epilepsie und der Zusammenhang mit dem Langzeitgedächtnis	21
1.2.4 Erläuterung der Begriffe Elektroenzephalogramm insbesondere ereigniskorrelierte Potentiale und die Bedeutung dieser Messinstrumente für die Epilepsieforschung	32
1.2.4.1 P300	33
1.2.4.2 N400	34
1.2.4.3 LPC	36
1.2.4.4 Die Bedeutung des EEG und der ERPs für die Epilepsieforschung	36
1.2.5 Der Zusammenhang zwischen ereigniskorrelierten Potentialen und dem verbalen Langzeitgedächtnis bei Personen ohne Epilepsie beziehungsweise gesunden Versuchspersonen	37
1.2.6 Der Zusammenhang zwischen ereigniskorrelierten Potentialen und dem verbalen Langzeitgedächtnis bei Personen mit Epilepsie	47
1.3 Forschungshypothesen	50
1.3.1 Hypothese 1	50
1.3.2 Hypothese 2	50
1.3.3 Hypothese 3	50
2 METHODE	51
2.1 Untersuchungsdesign	51
2.2 UntersuchungsteilnehmerInnen	51
2.3 Untersuchungsmaterialien	53
2.3.1 Soziodemographischer Fragebogen	53
2.3.2 Edinburgh Handedness Inventory	53

2.3.3 Fragebogen zum Sprachverständnis	53
2.3.4 Subtest „Gleiche Wortbedeutungen“ des WIT-2	53
2.3.5 Visueller lexical decision task	54
2.4 Untersuchungsgeräte	55
2.5 Untersuchungsdurchführung	57
2.6 Statistische Hypothesen	58
2.7 Statistische Auswertung	58
3 ERGEBNISSE	63
3.1 Deskriptive Statistik	63
3.2 Hypothesenprüfung	67
3.2.1 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses	67
3.2.2 Größere N400-ähnliche Komponenten bei Pseudowörtern	68
3.2.2.1 Unterschiede in den mittleren Aktivitäten der N400-ähnlichen Komponenten zwischen den Hemisphären	73
3.2.3 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den N400-ähnlichen Komponenten	75
4 INTERPRETATION UND DISKUSSION	77
4.1 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses	77
4.2 Größere N400-ähnliche Komponenten bei Pseudowörtern	78
4.3 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den mittleren Aktivitäten der N400-ähnlichen Komponenten	81
4.4 Kritik und Ausblick	84
ABSTRAKT	86
ABSTRACT	87
LITERATURVERZEICHNIS	88
ANHANG	108
Anhang A. Soziodemographischer Fragebogen	108
Anhang B. Lebenslauf	109

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

Die kognitiven Defizite, besonders im Hinblick auf Gedächtnisprozesse, bei Personen, die an einer Epilepsie leiden, wurden häufig erforscht (Helmstaedter, Kurthen, Lux, Reuber & Elger, 2003). Bildgebende Verfahren aber auch das Elektroenzephalogramm stellen unverzichtbare Techniken zur Erforschung dieser Erkrankung dar. Es gibt Hinweise darauf, dass sich die Tätigkeiten im Elektroenzephalogramm sowie auch die Aktivitäten der ereigniskorrelierten Potentiale bei EpilepsiepatientInnen von jenen gesunder Personen unterscheiden (Chen et al., 2001; Ozmenek, Nazliel, Leventoğlu & Bilir, 2008). Allerdings wurde dem Vergleich von Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses und den ereigniskorrelierten Potentialen bei Personen mit und ohne Epilepsie bislang kaum Aufmerksamkeit geschenkt.

Betrachtet man jedoch die Menge an Studien, die semantische Gedächtnisdefizite bei EpilepsiepatientInnen aufzeigten (z. B. Bresson, Lespinet-Najib, Rougier, Claverie & N’Kaoua, 2007; Drane et al., 2008; Giovagnoli, 2005) und die Tatsache, dass ereigniskorrelierte Potentiale helfen können, die Gedächtnisdefizite dieser PatientInnengruppe besser zu beleuchten (Lalouschek et al., 1998; Verleger, 2002), wird eine große Forschungslücke in diesem Gebiet deutlich.

Diese Arbeit soll die Bedeutung dieses Themas veranschaulichen und beschäftigt sich unter anderem mit der Problemstellung, wie sich Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses in ereigniskorrelierten Potentialen bei Personen mit und ohne Epilepsie äußern.

1.2 Stand des Wissens

1.2.1 Der Begriff „Langzeitgedächtnis“ und die Möglichkeiten zur Messung

Trimmel (2013) definierte den Begriff wie folgt: „Das Langzeitgedächtnis (LZG, *long-term store*) hat eine praktisch unbegrenzte Kapazität, eine sehr lange Speicherung ist möglich, auch wenn nicht alles abrufbar ist“ (Trimmel, 2013, S.70).

Atkinson und Shiffrin (1968) betonten: „The long-term store is a fairly permanent repository for information, information which is transferred from the short short-term store (Atkinson & Shiffrin, 1968, S. 91). Das grundlegendste Kennzeichen, welches das Langzeitgedächtnis klar vom Kurzzeit- beziehungsweise Arbeitsgedächtnis abgrenzt, ist die Beständigkeit über die Zeit und die beinahe unbegrenzte Aufnahmekapazität. Außerdem unterscheidet sich das

Langzeitgedächtnis vom Kurzzeit- beziehungsweise Arbeitsgedächtnis, indem die gespeicherte Information weder in ihrer Menge abnimmt noch verloren gehen kann (Atkinson & Shiffrin, 1968).

Das Langzeitgedächtnis wurde funktionell und anatomisch in zwei grundlegende Gedächtnissysteme unterteilt: Erstens in das deklarative und zweitens in das nicht-deklarative Gedächtnis, wobei die Inhalte des nicht-deklarativen Gedächtnisses nicht kommunizierbar und nicht bewusstseinsfähig sind (Squire & Zola-Morgan, 1991; Tulving & Markowitsch, 1998). Das deklarative Gedächtnis gliedert sich in das episodische und das semantische Gedächtnis (Tulving, 1972, 1991; Squire, 1987). Das semantische Gedächtnis stand im Zentrum dieser Arbeit.

Die beiden bedeutsamsten inhaltlichen Unterteilungen des Gedächtnisses in unterschiedliche Langzeitgedächtnissysteme wurden von Endel Tulving und Larry Squire entwickelt.

Tulving (1972) beschäftigte sich mit der Frage, was unter dem Begriff „Gedächtnis“ überhaupt verstanden wird. Zentral für ihn war die klare Unterscheidung zwischen dem episodischen Gedächtnis, worunter Erinnerungen für persönliche Erfahrungen und deren zeitliche Relationen verstanden werden und dem semantischen Gedächtnis, welches ein System für Erhalten, Behalten und Übermitteln von Informationen über die Bedeutung von Wörtern, Konzepten und Klassifikationen von Konzepten darstellt. Seiner Ansicht nach unterscheiden sich die beiden Gedächtnissysteme voneinander im Ursprung der gespeicherten Information, im Hinblick auf den Bezug der Ereignisse, hinsichtlich der Bedingungen und Konsequenzen des Abrufs und wahrscheinlich auch durch die Anfälligkeit für eine Störung, Beeinträchtigung und Löschung der gespeicherten Informationen. Tulving betonte die Bedeutung des semantischen Gedächtnissystems:

Semantic memory is the memory necessary for the use of language. It is a mental thesaurus, organized knowledge a person possesses about words and other verbal symbols, their meaning and referents, about relations among them, and about rules, formulas, and algorithms for the manipulation of these symbols, concepts, and relations. Semantic memory does not register perceptible properties of inputs, but rather cognitive referents of input signals (Tulving, 1972, S. 386).

Als Beispiele für Informationen, die im semantischen Gedächtnis gespeichert werden, nannte er: a) Ich erinnere mich, dass die chemische Formel für Kochsalz NaCl ist; b) Ich weiß, dass der Name des Monats, der auf den Juni folgt, Juli lautet, wenn man nach der Reihenfolge eines Kalenders vorgeht; c) Ich denke, die Assoziation zwischen den Worten „Tisch“ und „Stuhl“ ist stärker als die zwischen „Tisch“ und „Nase“. Informationen im semantischen Gedächtnis repräsentieren Objekte – allgemeine und spezifische Konzepte – beispielsweise Beziehungen, Ereignisse, Fakten oder Propositionen und zeichnen sich von

autobiographischem Bezug ab. Um eine Information aus dem semantischen Gedächtnis abzurufen, muss sie direkt oder indirekt gelernt worden sein, jedoch muss keine Information über den Hintergrund des Lernprozesses bestehen, um diese zu behalten oder abzurufen.

Tulving (1995) schlug das sogenannte SPI-Modell vor, welches ein einfaches Modell der Organisation des Gedächtnisses darstellte, in dem die kognitiven Gedächtnissysteme miteinander hinsichtlich des Enkodierens, Speicherns und Abrufens von Gedächtnisinhalten in Beziehung gesetzt wurden. Die zentralen Annahmen des SPI-Modells – seriell, parallel und unabhängig – waren, dass die Relationen unter den Systemen prozessspezifisch sind: Information wird in Systemen seriell enkodiert; Information wird in verschiedenen Systemen parallel gespeichert; und Information kann von jedem System unabhängig abgerufen werden. Abbildung 1 veranschaulicht dieses Modell.

Process	Relation
Encoding	Serial
Storage	Parallel
Retrieval	Independent

Abbildung 1. Prozess-spezifische Beziehungen zwischen den kognitiven Gedächtnissystemen, Tulvings SPI-Modell (adaptiert nach Tulving, 1995, S. 843).

Baddeley (2004) beschrieb die drei Prozesse des Gedächtnisses: Enkodieren sei der Prozess, bei dem Informationen registriert werden. Speichern bedeute das Aufrechterhalten der Informationen über eine Zeit und Abrufen beziehe sich auf den Zugriff auf die Informationen aus dem Gedächtnis durch Wiedererkennen, Wiedergeben oder Ähnliches.

Das von Tulving (1972) entwickelte Modell beziehungsweise seine Definition des semantischen Gedächtnisses war auch in jüngster Vergangenheit noch weit verbreitet (Antonucci & Reilly, 2008; Assaf et al., 2006; Binder & Desai, 2011; Fenker, Waldmann & Holyoak, 2005; Ferbinteanu & Shapiro, 2003; Giovagnoli, 2005; Kazui, Hashimoto, Hirono & Mori, 2003; Peelle, Troiani & Grossman, 2009; Scimeca & Badre, 2012).

Neuropsychologische Untersuchungen der semantischen Gedächtnisleistungen basierten meist auf der Prüfung der freien Wiedergabe oder des Wiedererkennens von verbalem Material. Somit wurde der Abruf aus dem semantischen Langzeitgedächtnis getestet, was nach Baddeley (2004) den dritten Prozess des Gedächtnisses darstellt. In vergangenen Studien eingesetzt wurden beispielsweise Objekt-Benennungs-Tasks (Bell et al., 2001), Bilder-Benennungs-Tasks (Lambon-Ralph, Ehsan, Baker & Rogers, 2012), Bilder-Zeige-Tasks (Giovagnoli, Erbetta, Villani & Avanzini, 2005), semantische Fragebögen (Giovagnoli, Mascheroni & Avanzini, 1997; Giovagnoli, 2005), Wort-Bild-Vergleiche (Lambon-Ralph et al., 2012), Wort-Listen-Vergleiche, Wort-Definition-Tasks (Cronel-Ohayon et al., 2002), Tasks zum Generieren von semantischen und Buchstaben-Wortlisten, Hauptwörter-

Benennungs-Tasks (Messas, Mansur & Castro, 2008), Tasks zum Generieren von Verben (Thompson-Schill et al., 1998) und Fragen zum Allgemeinwissen (Cronel-Ohayon et al., 2002). Zur Prüfung der Fähigkeit, Objekte zu benennen und somit des Abrufs aus dem semantischen Langzeitgedächtnis wurde häufig der *Boston Naming Test* eingesetzt (Addis, Moscovitch & McAndrews, 2007; Bell et al., 2001; Butler & Zeman, 2008a; Cronel-Ohayon et al., 2002; Drane et al., 2008; Kazui et al., 2003; Lah, Grayson, Lee & Miller, 2004; 2006; O'Connor, Sieggren, Ahern, Schomer & Mesulam, 1997; Zubizaray, Rose & McMahon, 2011). Um den Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zu testen, wurde außerdem häufig die freie Wiedergabe von gelernten Wortlisten geprüft (Åikiå, Salmenperä, Partanen & Kälviäinen, 2001; Baxendale et al., 1998; Butler & Zeman, 2008a; Coughlan & Warrington, 1981; Giovagnoli et al., 1997; Kemp, Illman, Moulin & Baddeley, 2012; Mameniskiene, Jatuzis, Kaubrys & Budrys, 2006) oder auch die verzögerte Wiedergabe von gelernten kurzen Geschichten (Åikiå et al., 2001; Baxendale et al., 1998; Blake, Wroe, Breen & McCarthy, 2000; Davidson, Dorris, O'Regan & Zuberi, 2007; Giovagnoli et al., 1997; Giovagnoli et al., 2005; Kapur et al., 1997; Kemp et al., 2012; Lah et al., 2004; 2006; Manes, Graham, Zeman, de Lujan Calcagno & Hodges, 2005; Mameniskiene et al., 2006; Piazzini, Canevini, Maggiori & Canger, 2001; Wilkinson et al., 2012). Darüber hinaus zeigten Silveri und Ciccarelli (2009), dass das semantische Wissen über die Funktion eines Objekts vorhanden sein muss, um dieses Objekt korrekt gebrauchen zu können. In der dieser Arbeit zugrundeliegenden Studie wurde ein Wort-Bedeutungs-Test eingesetzt.

Häufig wurden zur Erhebung des semantischen Gedächtnisses auch sogenannte *lexical decision tasks* eingesetzt. Eine lexikalische Entscheidung erfordert von Versuchspersonen die Entscheidung, ob eine visuell präsentierte Abfolge von Buchstaben wirklich ein Wort darstellt oder nicht (Silva-Pereyra et al., 1999) beziehungsweise bezeichnet der Begriff *lexical decision task* die Entscheidung zwischen Wörtern und Nichtwörtern (Wagenmakers et al., 2004). Semantisches Wissen kann durch die Entscheidung zwischen Wörtern und Pseudowörtern geprüft werden (Frishkoff, Perfetti & Westbury, 2009).

Das semantische Verständnis bezieht sich auf die Interpretation der Bedeutung von sprachlichen Elementen (Wörtern oder Sätzen). Lexikalische Semantik speziell bezieht sich auf die Bedeutung eines einzigen Wortes (Moore-Parks et al., 2010). In den meisten Studien wurden Nichtwörter oder sogenannte Pseudowörter aus realen Wörtern erstellt, indem Selbstlaute durch andere Selbstlaute oder Mitlaute durch andere Mitlaute ersetzt wurden. Pseudowörter sind echten Wörtern meist orthographisch ähnlich und sollten aussprechbar sein (Albrecht & Vorberg, 2010; Barca & Pezzulo, 2012; Curran, 1999; Jones, Marsh & Hughes,

2012; Wagenmakers et al., 2004; Vitevitch & Donoso, 2011). Um eventuellen Missverständnissen vorzubeugen, sei erwähnt, dass in der vorliegenden Arbeit Pseudowörter und Nichtwörter oft synonym verwendet wurden, da in diesem Zusammenhang stets von Nichtwörtern die Rede war, die aussprechbar und orthographisch korrekt sind. Andernfalls sei explizit darauf hingewiesen. Die in früheren Studien verwendeten Pseudowörter wurden aus Wörtern erstellt, die anschließend nicht im selben Experiment verwendet wurden, um *Priming* auszuschließen. In bisherigen Studien wurden entweder häufige oder seltene Wörter verwendet. Häufige Wörter kommen öfter als 25 mal pro 1 Million Wörter vor, seltene Wörter hingegen etwa ein bis fünf mal pro 1 Million Wörter (Wagenmakers et al., 2004). Studien ergaben, dass die Zeit für die lexikalische Entscheidung und das Ausmaß der Akkuratheit signifikant vom Typ des Stimulus abhängen. Der *lexicality effect* zeigt auf, dass richtige, reale Wörter schneller benannt werden als Nichtwörter (Barca & Pezzulo, 2012; Pagliuca, Arduino, Barca & Burani, 2008) und, dass die Reaktion auf richtige Wörter schneller ist als die auf Pseudowörter (Barca & Pezzulo, 2012). Dieser Effekt sollte kleiner sein, wenn Pseudowörter und häufig vorkommende Wörter verglichen werden, weil keine tiefgehende Analyse nötig ist, um die lexikalische Entscheidung zu treffen. Seltene Wörter oder Pseudowörter sind schwieriger zu verarbeiten als andere Stimuli und sind durch weniger Akkuratheit und langsamere Reaktionszeiten gekennzeichnet. Dies zeigte sich in einer Studie, in der Versuchspersonen bei seltenen Wörtern und Pseudowörtern mehr Zeit für die Entscheidung brauchten als bei häufigen Wörtern und Nichtwörtern, die nicht aussprechbar waren (Barca & Pezzulo, 2012). Vitevitch und Donoso (2011) bestätigten dies: Es wurden mehr kognitive Ressourcen und mehr Reaktionszeit benötigt, um wortähnliche Nichtwörter von Wörtern zu unterscheiden. Je ähnlicher diese Nichtwörter echten Wörtern waren, desto mehr Zeit wurde für die lexikalische Entscheidung benötigt. Dass die lexikalische Entscheidung für Wörter schneller und akkurater stattfindet als die Entscheidung für Pseudowörter, zeigten auch Albrecht und Vorberg (2010). Eine Erklärung hierfür ist, dass Nichtwörter oder Pseudowörter neue Stimuli sind, für die keine Gedächtnisrepräsentationen im Gehirn existieren (Albrecht & Vorberg, 2010; Ozubko & Joordens, 2011). Pagliuca et al. (2008) zeigten jedoch, dass Wörter schneller benannt werden können als Nichtwörter, unabhängig von den Häufigkeiten ihres Vorkommens. In typischen *lexical decision tasks* sollen Versuchspersonen also entscheiden, ob ein Target-Wort, beispielsweise „Zitrone“ ein echtes Wort oder ein Pseudowort ist, wie zum Beispiel „Gebra“ (Hill, Ott & Weisbrod, 2005). Ein *lexical decision task* wurde neben einem Wort-Bedeutungs-Test in der vorliegenden Studie zur Erfassung des semantischen Gedächtnisses eingesetzt.

1.2.2 Lokalisation des verbalen Langzeitgedächtnisses im Gehirn

Es gibt in der Literatur Uneinigkeiten darüber, ob für das episodische beziehungsweise semantische Gedächtnis unterschiedliche neuronale Mechanismen von Bedeutung sind (Manns, Hopkins & Squire, 2003; Mishkin, Vharga-Khadem & Gadian, 1998; Squire & Zola-Morgan, 1998; Tulving & Markowitsch, 1998). Um diese Frage annähernd beantworten zu können, ist es wichtig, die Organisation und Funktion der Systeme im Gehirn, welche das Gedächtnis unterstützen, zu beleuchten.

1.2.2.1 Die Rolle des Temporallappens und seiner Strukturen

Viele Studien beschäftigten sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Hippocampus, der im medialen Teil des Temporallappens lokalisiert ist, und dem deklarativen Gedächtnis (Baxendale et al., 1998; Davies et al., 1998; Hannula, Tranel & Cohen, 2006; Maguire, Frith, Rudge & Cipolotti, 2005; Manns, Hopkins, Reed, Kitchener & Squire, 2003; Moscovitch, Nadel, Winocur, Gilboa & Rosenbaum, 2006; Hamann & Squire, 1995; Preston, Shrager, Dudukovic & Gabrieli, 2004; Tulving & Markowitsch, 1998; Vharga-Khadem et al., 1997). Der mediale Temporallappen beinhaltet innerhalb der hippocampalen Region die Cornua Ammonis, den Gyrus dentatus und das Subiculum. Außerdem ist im Temporallappen der benachbarte entorhinale, perirhinale und parahippocampale Kortex angesiedelt (Frankland & Bontempi, 2005; Preston et al., 2004). Diese Kortizes tragen laut Preston et al. (2004) auf verschiedene Weise zum deklarativen Gedächtnis bei, jedoch wird der einzigartige Beitrag jeder Struktur noch heute diskutiert. Die Anfänge der Untersuchungen des medialen Temporallappens in Verbindung mit dem Langzeitgedächtnis gehen auf den Fall H. M. zurück. Bei diesem Patienten wurde eine bilaterale Resektion des medialen Temporallappens aufgrund seiner anhaltenden Epilepsieerkrankung durchgeführt. H. M. zeigte in Folge dessen ernsthafte Beeinträchtigungen des Langzeitgedächtnisses (Ranganath & Blumenfeld, 2005; Scoville & Milner, 1957). Aufgrund dieser Befunde kann die enorme Bedeutung des Temporallappens für das Langzeitgedächtnis nicht bestritten werden.

Auf der einen Seite nahm man an, dass die hippocampale Region nur für das episodische Gedächtnis von Bedeutung ist und angrenzende kortikale Strukturen das semantische Gedächtnis unterstützen (Brown & Aggleton, 2001; Tulving & Markowitsch, 1998; Vharga-Khadem et al., 1997). Die andere Annahme bestand darin, dass die hippocampale Region ebenso wichtig für das episodische wie auch für das semantische Gedächtnis ist (Manns et al., 2003; Squire & Zola-Morgan, 1998). Ausgelöst wurde diese Debatte durch die kurz davor gefundenen Beweise, dass hippocampale Läsionen den Erwerb und die Entwicklung des

episodischen, nicht aber des semantischen Gedächtnisses beeinträchtigen können (Vargha-Khadem et al., 1997). Vargha-Khadem et al. (1997) beschäftigten sich mit drei jungen Personen mit Amnesie, die durch eine frühe hippocampale Pathologie verursacht wurde. Es wurde angenommen, dass der Hippocampus notwendig ist, um sich an Ereignisse des eigenen Lebens (episodisches Gedächtnis) zu erinnern, nicht aber um Faktenwissen (semantisches Gedächtnis) zu erwerben. Die Ergebnisse zeigten, dass das semantische Gedächtnis von perihippocampalen kortikalen Regionen, nicht aber vom Hippocampus selbst abhängt. Das episodische hingegen zeigte sich abhängig vom Hippocampus.

Diese Resultate unterstützten Tulving in seiner Theorie (Tulving, 1991; Tulving & Markowitsch, 1998), welcher die Annahme zugrunde lag, dass die beiden Gedächtnissysteme in verschiedenen Gehirnarealen lokalisiert sind und daher als strikt getrennt betrachtet werden müssen. Er beschrieb einen Fall eines Amnesiepatienten, der 64 Drei-Wort-Sätze lernen sollte. Getestet wurde seine Fähigkeit, das letzte Wort jeden Satzes frei wiederzugeben. Obwohl sein episodisches Gedächtnis stark beeinträchtigt war, zeigten sich bezüglich seiner semantischen Gedächtnisleistungen keine Auffälligkeiten (Tulving, 1991).

Weitere Studien bestätigten ebenfalls die Annahme, dass der Hippocampus nötig ist, um das episodische, jedoch nicht das semantische Gedächtnis zu vermitteln (Gardiner, Brandl, Baddeley, Vargha-Khadem & Mishkin, 2008; Maguire, Frith, Rudge & Cipolotti, 2005; Moscovitch, Nadel, Winocur, Gilboa & Rosenbaum, 2006). Gardiner et al. (2008) untersuchten im Rahmen einer Fallstudie explizit den Erwerb und die freie Wiedergabe semantischen Wissens bei einem Patienten mit frühem Beginn einer Amnesie. Das episodische Gedächtnis des Patienten war schwerwiegend beeinträchtigt, was auf eine selektive bilaterale hippocampale Schädigung zurückging. Die Ergebnisse dieser Fallstudie unterstützten die Hypothese, dass trotz schwerwiegenden Beeinträchtigungen im episodischen Gedächtnis und im hippocampalen System die Kapazität, sich semantisches Wissen anzueignen, erhalten bleiben kann. Darüber hinaus scheint der Erwerb semantischen Wissens durch die den Hippocampus umliegenden kortikalen Regionen moduliert zu werden. Für das semantische Gedächtnis, welches unter anderem Objekte und objektbezogene Informationen inklusive Wörter repräsentiert, scheint vor allem der perirhinale Kortex im medialen Temporallappen zusammen mit anderen umliegenden Gehirnregionen von Bedeutung zu sein (Murray & Bussey, 1999).

Diesen Annahmen gegenüber stand die Theorie von Squire und Zola-Morgan (1998), die besagte, dass der Erwerb von Erinnerungen an Fakten (semantisches Gedächtnis) vom Erwerb von Erinnerungen an Episoden des eigenen Lebens (episodisches Gedächtnis) abhängt. Dies

bedeutet, dass eine Beeinträchtigung in der Aneignung episodischer Erinnerungen nicht ohne eine Beeinträchtigung im Erwerb semantischen Gedächtnisses einhergehen kann. Wie aus Abbildung 2 ersichtlich wird, nahmen Squire und Zola-Morgan an, dass sowohl das episodische als auch das semantische Gedächtnis abhängig von Strukturen des medialen Temporallappens und des mittleren Diencephalons sind. Nach dieser Theorie sollten AmnesiepatientInnen mit Störungen des medialen Temporallappens beziehungsweise des Diencephalons sowohl im episodischen als auch im semantischen Gedächtnis beeinträchtigt sein.

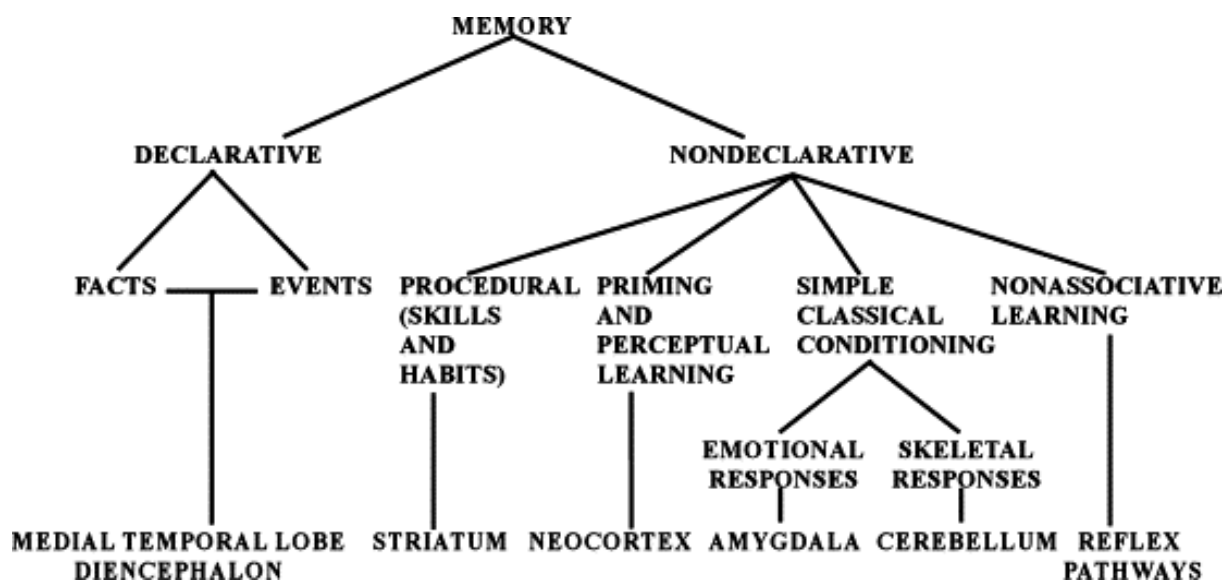


Abbildung 2. Eine Klassifizierung der Langzeitgedächtnissysteme. Die Klassifizierung listet die Gehirnstrukturen auf, die als besonders wichtig für jede Form von deklarativem und nicht-deklarativem Gedächtnis erachtet werden. Zusätzlich zu ihrer zentralen Rolle beim emotionalen Lernen kann die Amygdala die Stärke von deklarativem und nicht-deklarativem Gedächtnis modulieren (Squire, 2004, S. 173).

Hamann und Squire (1995) zeigten in ihrer Studie, dass PatientInnen, die entweder Läsionen im medialen Temporallappen oder im Diencephalon hatten, Beeinträchtigungen beim Lernen von Fakten und im episodischen Gedächtnis in ähnlichem Ausmaß aufweisen. Das semantische Gedächtnis wurde durch das Lernen von 40 Drei-Wort-Sätzen (Subjekt-Verb-Objekt) erhoben, basierend auf dem Set, das in einer früheren Studie über semantisches Lernen (Tulving et al., 1991) eingesetzt wurde. Die Sätze waren so konstruiert, dass das dritte Wort des Satzes aus den ersten beiden schwer zu erraten war. Obwohl die Gruppe der AmnesiepatientInnen neue Fakten abweichend langsam erwarb, konnten diese die Information, sofern sie einmal erworben wurde, über mehr als einen Monat behalten. Die Autoren schlussfolgerten, dass eine Amnesie den Erwerb von neuem Faktenwissen ernsthaft

beeinträchtigen kann (Hamann & Squire, 1995).

Squire (1992) betrachtete das semantische Gedächtnis als eine Anhäufung vieler episodischer Erinnerungen und ging davon aus, dass beide Gedächtnissysteme vom Hippocampus abhängig sind (Squire, 2004). Reed und Squire (1998) untersuchten zwei PatientInnen mit einer Läsion der hippocampalen Struktur und zwei Patienten, die unter einer komplexen Schädigung des Temporallappens litten. Alle vier erlitten eine Amnesie und wurden auf ihre antero- und retrograden Gedächtnisfunktionen getestet. Die beiden PatientInnen, die eine Läsion der hippocampalen Struktur aufwiesen, zeigten eine schwerwiegende anterograde Amnesie und einen beschränkten retrograden Gedächtnisverlust für Fakten und Ereignisse, die sie sich im Jahrzehnt vor dem Beginn der Amnesie aneigneten. Die beiden Patienten mit der komplexen Temporallappenschädigung wiesen eine schwerwiegende anterograde sowie eine weitreichende retrograde Amnesie für Fakten und Ereignisse auf. Bayley und Squire (2003) gingen davon aus, dass bei Schädigungen, die primär vom Hippocampus ausgehen, sowohl das Lernen neuer Ereignisse (episodisches Gedächtnis) als auch das Lernen von neuen Fakten (semantische Gedächtnis) beeinträchtigt ist. Eine weitere Studie zeigte, dass PatientInnen, die an einer kombinierten hippocampalen und parahippocampalen Atrophie litten, in semantischen Gedächtnistests schlechter abschnitten als PatientInnen mit einer hippocampalen Atrophie (Bright et al., 2006). Davies et al. (1998) untersuchten PatientInnen mit hippocampalen Schädigungen, die vor einer Lobektomie des linken, sprachdominanten anterioren Temporallappens standen, auf ihre Fähigkeiten, Dinge zu benennen. Die präoperativen Leistungen des *Boston Naming Tests* und *Visual Naming Tasks* waren signifikant schlechter, je stärker die hippocampale Sklerose ausgeprägt war. Diese Untersuchung zeigte, dass die Veränderung in der Fähigkeit, Dinge zu benennen, prä- und postoperativ, mit dem pathologischen Status des Hippocampus assoziiert werden kann. Manns et al. (2003) untersuchten die Kapazität des semantischen Gedächtnisses bei PatientInnen mit bilateralen Schädigungen, bei denen man davon ausging, dass diese primär auf hippocampale Regionen beschränkt waren. Die Ergebnisse zeigten, dass die PatientInnen deutliche Defizite im Lernen und Erinnern von Faktenwissen (semantisches Gedächtnis) aufwiesen. Ebenso zeigten diese eine zeitlich begrenzte retrograde Amnesie für Faktenwissen aus den Jahren vor der Amnesie. Das Gedächtnis für weit zurückliegende Erinnerungen für Faktenwissen (etwa 11 bis 30 Jahre vor der Amnesie) blieb verschont.

Diese Studie wies darauf hin, dass die hippocampale Region das semantische wie auch episodische Gedächtnis unterstützt und, dass die Rolle dieses Areals beim Erwerb und Speichern semantischen Wissens zeitlich begrenzt ist (Manns et al., 2003). McClelland et al.

(1995) schlussfolgerten ebenfalls, dass der Hippocampus einen temporären Speicher für semantische Erinnerungen darstellt, diese Funktion anschließend jedoch vom Neocortex übernommen werden könnte. Auch Hodges und Patterson (1995) assoziierten das semantische Gedächtnis mit dem temporalen Neocortex.

Diese Ergebnisse bestätigten die Annahme von Squire zumindest teilweise, dass das episodische wie auch das semantische Gedächtnis vom Hippocampus abhängen (Squire, 2004).

Whatmough et al. (2004) zeigten im Rahmen einer Studie mit Positronen-Emissions-Tomographie (folglich abgekürzt als PET) den Zusammenhang des semantischen Gedächtnisses bezüglich abstrakten und konkreten Konzepten und dem linken lateralen temporalen Kortex auf. Visser et al. (2010) zeigten in ihrer Studie, dass die inferiore, anteriore Region des Temporallappens einen wichtigen Beitrag zum semantischen Gedächtnis erbringt. Lambon-Ralph et al. (2012) postulierten ebenso, dass der anteriore Temporallappen wichtig für das semantische Gedächtnis ist.

1.2.2.2 Die Rolle des Frontallappens und seiner Strukturen

Auf der anderen Seite kam dem präfrontalen Kortex ebenso Bedeutung bezüglich des Langzeitgedächtnisses zu. Bruckner et al. (1995) zeigten in ihrer Studie, dass Areale des frontalen Kortex eine Rolle im expliziten Wiedergeben beziehungsweise beim Abruf aus dem deklarativen Gedächtnis spielen. Tulving et al. (1994) schlugen das sogenannte HERA-Modell (Abkürzung für *hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory*) vor, welches zwei Punkte beinhaltete: Zum einen wurde angenommen, dass die rechten präfrontalen kortikalen Areale beim Abruf aus dem episodischen Gedächtnis mehr involviert sind als die linken präfrontalen Regionen. Zum anderen scheinen die linken präfrontalen Areale bedeutender beim Abruf von Informationen aus dem semantischen Gedächtnis zu sein als die rechten (Tulving, Kapur, Craik, Habib & Houle, 1994; Habib, Nyberg & Tulving, 2003). Dieses Modell konnte in weiteren Studien bestätigt werden (Düzel et al., 1999; Nyberg, Cabeza & Tulving, 1996). Dass vor allem der linke präfrontale Kortex beim Abruf semantischen Wissens eine bedeutende Rolle spielt, konnte auch in anderen Untersuchungen gezeigt werden (Baldo & Shimamura, 1998; Dalla Barba, Parlato, Jobert, Samson & Pappata, 1998; Kapur et al., 1994; Ruff, Blumstein, Myers & Hutchison, 2008; Wagner, Paré-Blagoev, Clark & Poldrack, 2001).

Badre et al. (2005) betonten vor allem die Rolle des linken ventrolateralen präfrontalen Kortex beim kontrollierten Abruf von Informationen aus dem semantischen Gedächtnis.

Kapur et al. (1994) lieferten mit ihrer PET-Studie Beweise für die signifikante Aktivität des linken inferioren präfrontalen Kortex in Tasks, die das semantische Gedächtnis messen.

Diese Ergebnisse bestätigten die Annahme von Tulving (1972), dass unterschiedliche neuronale Strukturen den semantischen und episodischen Abruf modulieren.

Fliessbach et al. (2006) untersuchten mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (folglich abgekürzt als fMRT) die Verarbeitung konkreter und abstrakter Wörter während des Enkodierens und Abrufs in einem Wiedererkennungstask. Abstrakte Wörter schienen im Vergleich zu konkreten Wörtern eine vermehrte Aktivität des linken inferioren frontalen Kortex hervorzurufen. Stärkere Aktivitäten dieser Region wurden außerdem assoziiert mit dem Enkodieren von abstrakten und konkreten Wörtern. Konkrete Wörter riefen mehr Aktivitäten bilateral im posterioren inferioren Parietallappen hervor.

1.2.2.3 Ein Netzwerk aus mehreren Gehirnregionen

Andere AutorInnen zeigten, dass eine Interaktion zwischen verschiedenen Arealen für den Abruf aus dem semantischen Langzeitgedächtnis nötig ist (Assaf et al., 2006; Hart et al., 2013; Kuchinke, Meer & Kruger, 2009). Kuchinke et al. (2009) betonten die Bedeutung des Netzwerkes aus linkem inferioren frontalen Gyrus, parahippocampaler und hippocampaler Struktur. Assaf et al. (2006) fanden heraus, dass während eines semantischen Tasks unter anderem der Thalamus, der linke dorsolaterale Kortex, der mittlere temporale Gyrus und der inferore frontale Gyrus aktiviert sind.

Düzel et al. (1999) zeigten in ihrer Studie, dass der rechte präfrontale und posteriore Kortex cinguli für den Abruf von Informationen aus dem episodischen, jedoch der linke Frontal- und Temporallappen für den Abruf aus dem semantischen Gedächtnis verantwortlich sind. Eine weitere PET-Studie zeigte durch einen direkten Vergleich des Abrufs aus dem episodischen beziehungsweise semantischen Gedächtnisses auf, dass die Aktivitäten des Temporal- sowie Frontallappens während des semantischen Tasks links größer sind als im episodischen (Wiggs, Weisberg & Martin, 1999). Eine weitere PET-Studie brachte Evidenz für die Bedeutung des medialen Temporallappens sowie des präfrontalen Kortex (Dalla Barba et al., 1998). Die Ergebnisse dieser Studie zeigten Aktivitäten der superioren temporalen Gyri und des linken präfrontalen Kortex sowohl in episodischen als auch in semantischen Gedächtnistasks. Zusätzlich zeigte sich im semantischen Task eine Aktivierung des linken präfrontalen und temporalen Kortex. Der episodische Gedächtnistest hingegen aktivierte den rechten Gyrus cinguli und den rechten inferioren präfrontalen Kortex. Ebenso zeigten Noppeney und Price (2003), dass das semantische Gedächtnis ein Netzwerk aus dem linken

inferioren frontalen, dem lateralen inferioren posterioren temporalen und dem anterioren medialen Gyrus fusiformis aktiviert.

Thioux et al. (2005) zeigten die Aktivität der Sulci intraparietales während semantischen Gedächtnistasks. Sehr interessante Ergebnisse zur Lokalisation brachte eine fMRT-Studie von Humphries et al. (2007). Die AutorInnen verwendeten einen Test, in dem die Versuchspersonen Wörter und Pseudowörter bewerten sollten. Dabei gab es vier Bedingungen: Semantisch kongruente Sätze, semantisch inkongruente Sätze, Sätze mit Pseudowörtern sowie eine Kombination aus allen drei Arten. Bei richtigen Wörtern konnten im Vergleich zu Pseudowörtern vermehrte Aktivitäten im linken Gyrus angularis im Parietallappen, links im Sulcus temporalis superior im Temporallappen und im linken Gyrus frontalis inferior im Frontallappen beobachtet werden. Vor allem schien der linke Gyrus angularis eine besondere Rolle bei Wortbedeutungen zu spielen. Zubizaray et al. (2011) fanden einen Zusammenhang zwischen dem semantischen Gedächtnis und einem links lateralisierten Netzwerk aus anteriorem Temporallappen, posteriorem Temporal- und posteriorem inferioren Parietallappen.

Diese Studien unterstrichen die Bedeutung des Frontal-, Temporal- sowie auch des Parietallappens bezüglich des semantischen Gedächtnisses.

Die Rolle dieser drei Regionen wurde auch in einer Metastudie klar, die vor einigen Jahren über 120 fMRT- oder PET-Studien zu diesem Thema durchgeführt wurde. Diese zeigte Aktivitäten in einem links lateralisiertem Netzwerk aus folgenden sieben Regionen: Posteriorer inferiorer Parietallappen, medialer Gyrus temporalis, Gyrus fusiformis, Gyrus parahippocampalis, dorsomedialer präfrontaler Kortex, inferiorer Gyrus frontalis, ventromedialer präfrontaler Kortex und posteriorer Gyrus cinguli. Außerdem scheint das semantische Gedächtnis in der linken Hemisphäre angesiedelt zu sein, auch wenn manche Aktivitäten bilateral auftraten, wie beispielsweise im Gyrus angularis (Binder, Desai, Graves & Conant, 2009). Auch Binder et al. (2005) zeigten in ihrer fMRT-Studie, dass während dem Benennen von unregelmäßigen, regelmäßigen Wörtern und Nichtwörtern frontale, insuläre, anteriore cinguläre und parietale Regionen aktiv sind. Die Aktivitäten stiegen mit der Schwierigkeit des Benennens. Dies bedeutet, dass die Aktivitäten bei Nichtwörtern stärker als bei unregelmäßigen und regelmäßigen Wörtern auftraten und bei unregelmäßigen stärker als bei regelmäßigen Wörtern. Im Vergleich zu Nichtwörtern rief das Benennen von Wörtern vermehrte Aktivitäten im Gyrus angularis, bilateral im dorsalen präfrontalen Kortex, links im ventromedialen Temporallappen und im posterioren Gyrus cinguli hervor. Eine andere Studie fand signifikante Aktivitäten während eines standardisierten verbalen semantischen

Gedächtnistests hauptsächlich in Regionen des Temporal-, Frontal- und Temporo-Okzipitallappens (Köylü et al., 2006).

Aus den Ergebnissen dieser Studien wird deutlich, dass die Frage nach der Lokalisation des semantischen Gedächtnisses im menschlichen Gehirn bis heute nicht zufriedenstellend beantwortet werden konnte. Was die Lateralität betrifft, kann jedoch aufgrund bisheriger Studien davon ausgegangen werden, dass sich die meisten Aktivitäten bezüglich semantischen Gedächtnisses in der linken Hemisphäre ereignen (Assaf et al., 2006; Badre, Poldrack, Paré-Blagoev, Insler & Wagner, 2005; Baldo & Shimamura, 1998; Binder et al., 2009; Dalla Barba et al.; 1998; Düzel et al., 1999; Habib et al., 1996; Habib et al., 2003; Humphries, Binder, Medler & Liebenthal, 2007; Kapur et al., 1994; Kuchinke et al., 2009; Nyberg et al., 1996; Ruff et al., 2008; Tulving et al., 1994; Wagner et al., 2001; Wiggs et al., 1999; Zubizaray et al., 2011).

1.2.3 Erläuterung der Krankheit Epilepsie und der Zusammenhang mit dem Langzeitgedächtnis

Dass unter anderem der mediale Temporallappen bei semantischen Gedächtnisleistungen eine Rolle zu spielen scheint, wurde bereits diskutiert. Seine Bedeutung wird auch bei der chronischen Erkrankung Epilepsie klar. Viele Menschen leiden an Temporallappenepilepsie. Die Krankheit wurde wie folgt definiert: „Epilepsy is a chronic disorder characterized by repeated seizures resulting from abnormal activation of neurons in the brain“ (Persike et al., 2012, S. 54).

Gault (2004) beschrieb genauer:

Epilepsy is a general term that includes various types of seizures. A seizure happens when abnormal electrical activity in the brain causes an involuntary change in body movement or function, sensation, awareness, or behavior. Epilepsy is diagnosed when a person has two or more recurrent seizures that may occur as often as several times a day, or as infrequently as once every few months. While there are many different types, severities, and causes of epilepsy, epilepsy can develop at any age in children or adults (Gault, 2004, S. 42).

Die Bedeutung des Temporallappens wird anhand dieses Zitates klar: „There are many types of seizures. Of the epilepsies, complex partial seizures are particularly common, with the majority of such seizures originating in the temporal lobes“ (Hermann & Seidenberg, 2002, S. 343). Vor der Beschreibung des Zusammenhanges zwischen dem verbalen Langzeitgedächtnis und der Krankheit Epilepsie sollten noch einige wichtige Begriffe geklärt werden. Eine fokale oder partielle Epilepsie liegt vor, wenn bei einem Krampfanfall nur ein Teil einer zerebralen Hemisphäre involviert ist. Im Gegensatz dazu sind bei der

generalisierten oder bilateralen Epilepsie beide zerebralen Hemisphären bei einem Anfall beteiligt (Blume-Chair et al., 2001). Darüber hinaus unterscheidet man in der Epilepsiediagnostik das idiopathische und das symptomatische Epilepsiesyndrom. Erst genanntes bezeichnet ein Syndrom, welches nur ohne zugrundeliegende strukturelle Gehirnläsionen oder andere neurologische Zeichen oder Symptome als Epilepsie diagnostiziert werden kann. Hierbei wird angenommen, dass dieses Syndrom genetisch ist und üblicherweise liegt eine Altersabhängigkeit vor. Beim symptomatischen Epilepsiesyndrom handelt es sich um ein Syndrom, bei dem die epileptischen Anfälle das Ergebnis einer oder mehrerer identifizierbarer struktureller Läsionen des Gehirns sind (Engel, 2001).

Die Neuropsychologie spielt eine einzigartige Rolle in der Epilepsiediagnostik (Jones-Gotman et al., 2010) und erbrachte in den letzten 70 Jahren wichtige Beiträge zur Erforschung von Epilepsie (Barr, 2007). In einer Langzeitstudie konnte gezeigt werden, dass es einen Zusammenhang zwischen chronischer Temporallappenepilepsie und progressiven Gedächtnisbeeinträchtigungen gibt (Helmstaedter et al., 2003). Ein beeinträchtigtes Gedächtnis ist ein häufig vorkommendes und bedeutendes Problem bei PatientInnen mit Epilepsie (Motamedi & Meador, 2004). EpilepsiepatientInnen klagen oft über Gedächtniseinbußen, schneiden bei neuropsychologischen Tests jedoch durchschnittlich ab (Blake et al., 2000; Butler et al., 2007; Corcoran & Thompson, 1992; Giovagnoli et al., 1997; Kapur et al., 1997; Piazzini, Canevini, Maggiori & Canger, 2001; Vermeulen, Aldenkamp & Alpherts, 1993). Zentral ist die Frage, was der Grund für die Diskrepanz zwischen den subjektiv wahrgenommenen Gedächtnisschwierigkeiten und den objektiv erhobenen durchschnittlichen Leistungen ist.

Corcoran und Thompson (1992) verglichen die objektiv erhobenen Gedächtnisleistungen mittels psychometrischen Tests mit den subjektiv eingeschätzten Gedächtnisproblemen von Menschen mit Epilepsie. EpilepsiepatientInnen neigten dazu, ihre Gedächtnisleistungen zu unterschätzen und ihre Schwierigkeiten im täglichen Leben eher zu übertreiben. Eine andere Studie zeigte ebenso, dass PatientInnen mit Epilepsie, die durchschnittliche Ergebnisse in Gedächtnistests erzielten, eindeutig andere Meinungen über die Qualität ihres eigenen Gedächtnisses hatten. Dies weist darauf hin, dass es keine einfache Beziehung zwischen den Beschwerden über Gedächtnisprobleme und den tatsächlich erzielten Leistungen in Gedächtnistests unter EpilepsiepatientInnen gibt. Die geäußerten Beschwerden konnten mit Variablen wie Neurotizismus assoziiert werden (Vermeulen et al. 1993). Zu einem ähnlichen Schluss kamen Piazzini et al. (2001), als sie den Zusammenhang zwischen den subjektiv

eingeschätzten Gedächtnisfunktionen und den Leistungen in neuropsychologischen Tests an Personen mit und ohne Epilepsie untersuchten. Die Diskrepanz zwischen dem Fragebogen über das eigene Gedächtnis und dem kognitiven Test wurde abermals bestätigt: Der Fragebogen mit Selbstberichten zum eigenen Gedächtnis korrelierte in der Gruppe der EpilepsiepatientInnen nicht mit den Ergebnissen der psychologischen Tests. Diese Diskrepanz konnte in der Kontrollgruppe nicht festgestellt werden. EpilepsiepatientInnen berichteten im Fragebogen von größeren Gedächtnisproblemen als Personen der Kontrollgruppe. Außerdem zeigten sich erhöhte Level von Angst und Depression in der Gruppe der EpilepsiepatientInnen. In einer ähnlichen Studie zeigt sich, dass PatientInnen einer Epilepsie von signifikant größeren Gedächtnisproblemen berichteten und höhere Level von Angst und Depression aufwiesen als gesunde Personen. Man nahm an, dass psychologische Faktoren mit den subjektiv wahrgenommenen Gedächtnisproblemen korrelierten. Diese Studie zeigte aber auch, dass EpilepsiepatientInnen in der Tat größere Schwierigkeiten im Gedächtnis hatten als gesunde Personen (Giovagnoli et al, 1997). Elixhauser et al. (1999) kamen ebenso zu dem Schluss, dass die tatsächlichen Gedächtnisleistungen nur schwach mit den wahrgenommenen kognitiven Funktionen korrelierten, die wahrgenommenen Gedächtnisfunktionen jedoch mit der Stimmung zusammenhingen. Eine weitere Studie zeigte, dass PatientInnen, die an einer Temporallappenepilepsie leiden, sich selbst bezüglich ihrer Gedächtnisleistungen signifikant schlechter einschätzen als gesunde Versuchspersonen (McGlone & Wands, 1991).

Blake et al. (2000) sahen einen möglichen Grund für diese Diskrepanz in der Tatsache, dass viele Untersuchungen über das menschliche Gedächtnis auf einer beschränkten Anzahl von Zeitintervallen hinsichtlich des Abrufs von Erinnerungen basierten. Informationen, die nach ein paar Sekunden abgerufen werden, werden im Kurzzeit- oder Arbeitsgedächtnis, jene, die länger als ein paar Minuten gespeichert werden, im Langzeitgedächtnis verankert. Ihre Untersuchung ging über die üblichen Intervalle hinsichtlich des Behaltens von Erinnerungen hinaus. Ziel der Studie war die Beleuchtung der Konsolidierungsprozesse im Langzeitgedächtnis von EpilepsiepatientInnen. Untersucht wurde das verbale Langzeitgedächtnis mit Hilfe von standardisierten neuropsychologischen Verfahren bei PatientInnen, die an einer Epilepsie litten und einer Kontrollgruppe von gesunden Personen. Sie nahmen an, dass eine epileptische Aktivität während eines Intervalls des Speicherns das Konsolidieren beeinträchtigte und, dass diese Effekte bei verbalem Material und bei PatientInnen mit dem primären Fokus im linken Temporallappen am stärksten sein würden. Die TeilnehmerInnen sollten eine Geschichte lernen und wurden schließlich auf Wiedergabe und Wiedererkennen nach 30 Minuten und 8 Wochen getestet. Die Ergebnisse zeigten keine

signifikanten Gruppenunterschiede zwischen PatientInnen und gesunden Personen nach 30 Minuten, jedoch waren die Leistungen der PatientInnen beim Wiedergeben und Wiedererkennen der Geschichte nach 8 Wochen signifikant schlechter. PatientInnen, bei denen der epileptogene Fokus im linken Temporallappen lag, waren bei der Wiedergabe der Geschichte nach 8 Wochen signifikant schlechter als PatientInnen mit dem Fokus im rechten Temporallappen. Ebenso schnitten die PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie in der linken Hemisphäre signifikant schlechter ab als die Kontrollgruppe, wenn es um Wiedergeben und Wiedererkennen nach 8 Wochen ging. Zwischen PatientInnen mit epileptogenem Fokus im rechten Temporallappen und der Kontrollgruppe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die Studie von Blake et al. (2000) lieferte einen Beweis für die Defizite im verbalen Langzeitgedächtnis bei Personen, die an einer Epilepsie mit dem Fokus im linken Temporallappen litten. Bell et al. (2001) untersuchten in ihrer Studie mittels *Boston Naming Test* die Fähigkeit, Objekte zu benennen und die Tiefe des semantischen Wissens bei gesunden Personen und PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie mit frühem Beginn der Krankheit. Die Gruppe der PatientInnen zeigte signifikante Defizite verglichen mit gesunden Personen im Benennen von Objekten und im semantischen Wissen, sogar nachdem der Intelligenzquotient konstant gehalten wurde. Die AutorInnen schlussfolgerten, dass PatientInnen mit frühem Beginn einer Temporallappenepilepsie deutliche Defizite im semantischen Wissen aufweisen. Helmstaedter et al. (2003) nannten die Retest-Intervalle, Kontrolle der Anfälle und geistige Reservekapazitäten als die signifikanten Prädiktoren für die Änderungen in den Gedächtnisleistungen von EpilepsiepatientInnen. Reminger et al. (2004) hingegen sahen die Kombination aus linkem und rechtem hippocampalen Volumen als besten Prädiktor für objektive Gedächtnisleistungen. Außerdem nahmen sie an, dass die Asymmetrie zwischen linkem und rechtem hippocampalen Volumen ein Prädiktor für die subjektiven Bewertungen der eigenen kognitiven Funktionen sei.

Die Tatsache, dass PatientInnen einer Temporallappenepilepsie schlechtere semantische Langzeitgedächtnisleistungen erzielen als gesunde Personen wurde in zahlreichen Studien bestätigt (Bell et al., 2001; Bell, 2006; Bergin, Thompson, Baxendale, Fish & Shorvon, 2000; Bresson et al., 2007; Blake et al., 2000; Cronel-Ohayon et al., 2006; Davies et al., 1998; Drane et al., 2008; Giovagnoli et al., 1997; Giovagnoli, 2005; Giovagnoli et al., 2005; Hermann, Seidenberg, Lee, Chan & Rutecki, 2007; Lah et al., 2006; Lambon-Ralph et al., 2012; Lespinet, Bresson, N’Kaoua, Rougier & Claverie, 2002; Mameniskiene et al., 2006; Messas et al., 2008; Voltzenlogel et al., 2006; Wilde et al., 2001; Wilkinson et al., 2012). Bergin et al. (2000) zeigten sogar, dass PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie

schlechter in semantischen Gedächtnistasks abschnitten als PatientInnen mit einer extratemporalen oder einer primär generalisierten Epilepsie. Ähnlich verglichen Drane et al. (2008) PatientInnen, bei welchen der Ursprung der Epilepsie im anterioren Temporallappen lag, mit PatientInnen, bei denen die Anfälle in anderen Gehirnregionen begannen. Auch diese Studie konnte nur bei den PatientInnen einer Temporallappenepilepsie Defizite im semantischen Gedächtnis feststellen.

Das verbale Langzeitgedächtnis scheint bei PatientInnen mit Temporallappenepilepsie mit dem Fokus in der linken Hemisphäre signifikant stärker beeinträchtigt zu sein als bei gesunden Personen oder PatientInnen mit epileptogenen Fokus in der rechten Hemisphäre (Äikiä, Salmenperä, Partanen & Kälviäinen, 2001; Bell, Fine, Dow, Seidenberg & Hermann, 2005; Blake et al., 2000; Giovagnoli, 2005; Giovagnoli, Erbetta, Villani & Avanzini, 2005; Messas et al., 2008; Lah et al., 2004; 2006; Lambon-Ralph et al., 2012; Lespinet et al., 2002; Lespinet-Najib et al., 2004; Voltzenlogel et al., 2006). Die semantischen Gedächtnisbeeinträchtigungen könnten möglicherweise die Schädigungen in den Regionen der lateralen und medialen Temporallappen aufzeigen. Diese beeinträchtigen neokortikale Funktionen, die für das Speichern und Abrufen von Erinnerungen aus dem Langzeitgedächtnis verantwortlich sind, oder hippocampale Funktionen, die für das Verarbeiten wichtiger Stimuli zuständig sind (Giovagnoli et al., 2005). Weitere Studien bestätigten, dass PatientInnen mit Epilepsie, bei denen die Anfälle in der linken Hemisphäre begannen, im Vergleich zu gesunden Personen oft Schwierigkeiten hatten, Dinge zu benennen. Dies könnte die Folge von operativen Resektionen der Temporallappenstrukturen, die von den Anfällen betroffen waren (Davies et al., 1998; Schwartz, Devinsky, Doyle & Perrine, 1998), oder es könnte eine direkte Folge der partiellen Anfälle gewesen sein (Bell et al., 2001). Nach Davies et al. (1998) könnten die Schwierigkeiten bei PatientInnen mit Temporallappenepilepsie ein Index für semantische Gedächtnisbeeinträchtigungen gewesen sein. Ähnlich dazu zeigten Bell et al. (2001), dass die Fähigkeit zur Objektbenennung bei PatientInnen mit einem frühen Beginn der Epilepsie in Verbindung mit dem semantischen Wissen steht. Weiter berichteten sie von signifikanten Zusammenhängen zwischen dem Defizit in der Fähigkeit, Dinge zu benennen und dem geringen konzeptuellen Wissen, die wiederum die Beeinträchtigungen im semantischen Wissen bei PatientInnen mit Epilepsie aufzeigen. Lespinet-Najib et al. (2004) untersuchten die Rolle des Temporallappens beim semantischen Enkodieren und Abrufen bei PatientInnen einer Temporallappenepilepsie mittels Tasks, die freie Wiedergabe sowie das Wiedergeben mit Hinweisen erforderten. Die Ergebnisse zeigten, dass PatientInnen, bei denen der Fokus im linken Temporallappen liegt,

ein globales Defizit sowohl beim feien Wiedergeben als auch bei der Wiedergabe mit Hinweisen aufweisen. PatientInnen mit dem epileptogenen Fokus im rechten Temporallappen hingegen wiesen nur beim freien Abruf Beeinträchtigungen auf. Der rechte Temporallappen schien im semantischen Verarbeiten konkreter Wörter beteiligt zu sein. Die Studie von Lespinet-Najib et al. (2004) wies jedoch auch darauf hin, dass der linke Temporallappen ebenfalls eine Rolle beim semantischen Verarbeiten spielt.

Auch Gleissner und Elger (2001) untersuchten das semantische Gedächtnis bei PatientInnen, die an einer Temporallappenepilepsie litten, welche ihren Ursprung entweder in der linken oder rechten Hemisphäre hatte. Es zeigte sich ein Muster von weniger generierten Wörtern in semantischen Tasks bei PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie, die an einer Schädigung des Hippocampus litten. Außerdem zeigten sie, dass unter PatientInnen einer Temporallappenepilepsie mit dem Fokus in der linken Gehirnhälfte die Fähigkeit des semantischen Gedächtnisses beeinträchtigt ist und dies unabhängig davon, ob der Hippocampus beeinträchtigt ist oder nicht. Kilpatrick et al. (1997) untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Grad einer hippocampalen Atrophie und dem Schweregrad der Gedächtnisdefizite an Personen mit einer Temporallappenepilepsie mit dem Fokus in der linken oder rechten Hemisphäre. Die Ergebnisse zeigten, dass das Ausmaß der Atrophie des linken Hippocampus im Zusammenhang mit dem Schweregrad der Defizite im verbalen Langzeitgedächtnis steht. Die AutorInnen schlossen daraus, dass dieser Zusammenhang weitere Beweise für den dominanten Einfluss des linken Hippocampus auf das verbale Gedächtnis liefert.

Lespinet et al. (2002) untersuchten den Zusammenhang des Alters von PatientInnen, in dem die Anfälle begannen und dem Schweregrad der Gedächtnisdefizite bei PatientInnen einer Temporallappenepilepsie. Die Leistungen der EpilepsiepatientInnen wurden mit einer Gruppe gesunder Personen verglichen. PatientInnen, bei denen die epileptischen Anfälle zwischen null und 5 Jahren begannen, zeigten größere verbale und nonverbale Gedächtnisdefizite. Die Gruppe der PatientInnen mit spätem Beginn der Epilepsie - im Alter von 10 Jahren oder älter - zeigte weniger, jedoch spezifische Probleme: Vor allem PatientInnen, bei denen der Fokus der Epilepsie im linken Temporallappen lag, zeigten wesentliche verbale Defizite. Giovagnoli (2005) untersuchte die Merkmale und Mechanismen der verbalen semantischen Gedächtnisdefizite bei Personen mit und ohne Epilepsie. Mit Hilfe von neuropsychologischen Verfahren wurde der semantische Abruf erhoben. PatientInnen mit dem epileptogenen Fokus in der linken Hemisphäre zeigten signifikante Beeinträchtigungen im semantischen Gedächtnis verglichen mit PatientInnen mit dem Fokus in der rechten Hemisphäre und

gesunden Personen. Die Defizite wurden vor allem durch Probleme beim Benennen und semantischen Urteilen identifiziert. Diese Ergebnisse zeigten laut Giovagnoli (2005), dass die Seite der epileptogenen Region eine wichtige Rolle beim Ursprung der semantischen Gedächtnisdefizite spielt. Zu diesem Schluss kamen Giovagnoli et al. (2005) in einer weiteren Studie, in der sie die semantischen Gedächtnisleistungen von EpilepsiepatientInnen erhoben. Rekrutiert wurden PatientInnen, die entweder an einer Temporallappenepilepsie mit dem Fokus in der linken oder rechten Hemisphäre oder an einer Frontallappenepilepsie mit dem Ursprung in der linken oder rechten Hemisphäre litten. Diese wurden mit den Leistungen gesunder Personen verglichen. Die AutorInnen fanden eine signifikante Korrelation zwischen dem semantischen Gedächtnis und der Seite der epileptischen Region, wobei die PatientInnen mit der linken Temporal- sowie Frontallappenepilepsie schlechter abschnitten. Verglichen mit den gesunden Versuchspersonen erzielten die PatientInnen der Temporallappenepilepsie mit dem Fokus in der linken Hemisphäre signifikant schlechtere Leistungen in den semantischen Gedächtnistests. Diese Ergebnisse zeigten, dass eine Temporallappenepilepsie mit dem Ursprung in der linken Hemisphäre möglicherweise Defizite des semantischen Gedächtnisses von verbalen und visuellen Informationen verursachen kann. Äikiä et al. (2001) prüften das verbale Langzeitgedächtnis bei PatientInnen, die entweder an einer chronischen linken Temporallappenepilepsie litten oder bei denen erst kürzlich Temporallappenepilepsie mit dem Fokus in der linken Gehirnhälfte diagnostiziert wurde. Sie fanden einen Unterschied zwischen diesen beiden PatientInnengruppen. Die PatientInnen mit der chronischen Temporallappenepilepsie schnitten signifikant schlechter beim verzögerten Wiedererkennen einer Wortliste ab als die PatientInnen bei denen die Diagnose erst kürzlich erfolgt war. Messas et al. (2008) zeigten ebenso, dass PatientInnen einer Temporallappenepilepsie semantische Gedächtnisbeeinträchtigungen aufwiesen und betonten dabei den Zusammenhang dieser Defizite mit einer zugrunde liegenden hippocampalen Sklerose. Wie bereits erwähnt sahen Blake et al. (2000) einen möglichen Grund für die Diskrepanz zwischen subjektiv wahrgenommenen Gedächtnisproblemen und objektiv erhobenen Gedächtnisleistungen darin, dass viele Untersuchungen auf einer limitierten Anzahl von Zeitintervallen hinsichtlich des Abrufs von Erinnerungen basierten. Aus vielen bisherigen empirischen Studien wurde deutlich, dass ein Problem der konventionellen Gedächtnisdiagnostik darin liegt, dass häufig nur relativ kurze Behaltensintervalle – die Zeit zwischen dem Lernen und des Abrufs des gelernten Materials – von bis zu einer Stunde geprüft wurden. Die Studie von Blake et al. (2000) wies jedoch daraufhin, dass EpilepsiepatientInnen gerade über längere Intervalle einen Gedächtnisverlust erleiden können.

Diese Erkenntnis könnte die Diskrepanz zwischen den subjektiven Klagen der PatientInnen und den neuropsychologischen Testergebnissen erklären. Mayes et al. (2003) postulierten ebenso, dass PatientInnen, die an Gedächtnisbeeinträchtigungen des Langzeitgedächtnisses leiden, zwar intakte Gedächtnisleistungen für kürzlich erworbene semantische und episodische Informationen, jedoch beeinträchtigte Leistungen für Informationen zeigen, die erst nach 3 Wochen abgerufen werden sollten. Sie untersuchten in ihrer Studie eine Patientin, J. L., die im Alter von 17 Jahren eine Kopfverletzung durch einen Motorradunfall erlitt. Die Verletzung verursachte eine bilaterale Schädigung des anterioren temporalen Neokortex. Der Hippocampus schien intakt zu sein. 2 Jahre nach dem Unfall wurde bei der Patientin eine Temporallappenepilepsie diagnostiziert. Ihre Gedächtnisleistung beim Abrufen von Informationen nach 30 Minuten schien verschont geblieben zu sein. Jedoch war ihre Fähigkeit, Informationen nach 3 Wochen wiederzugeben deutlich beeinträchtigt. Mayes et al. (2003) nahmen an, dass der Langzeitgedächtnisverlust der Patientin durch die Schädigung des anterioren temporalen Neokortex verursacht wurde und, dass dies möglicherweise in Verbindung mit den epileptischen Anfällen stehen könnte.

Das Phänomen des sogenannten schnelleren Vergessens von Langzeiterinnerungen (oder *accelerated long-term forgetting* nach Butler & Zeman, 2008b) ist eine Form von Langzeitgedächtnisverlust, bei der EpilepsiepatientInnen gelerntes Material über kurze Intervalle, beispielsweise von 30 Minuten, normal behalten können, jedoch nach Tagen oder Wochen abnormal schnell und viel von den gelernten Informationen zu vergessen scheinen (Blake et al., 2000; Butler et al., 2007; Cronel-Ohayon et al., 2006; Holdstock et al., 2002; Jansari, Davis, McGibbon, Firminger & Kapur, 2010; Kapur et al., 1996; 1997; Kemp et al., 2012; Mameniskiene et al., 2006; Manes et al., 2005; Mayes et al., 2003; Martin et al., 1991; Muhlert et al., 2011; O'Connor et al., 1997; Wilkinson et al., 2012). Somit besteht eine Verbindung zwischen Temporallappenepilepsie und dem schnelleren Vergessen von Langzeiterinnerungen. Butler et al. (2007) sahen dieses *accelerated long-term forgetting* als besondere Form von Temporallappenepilepsie an. Diese Art der Beeinträchtigung des Langzeitgedächtnisses kann in standardisierten klinischen Tests, in denen die Zeitintervalle, nach welchen der Abruf geprüft wird, auf 30 Minuten begrenzt sind, oft nicht entdeckt werden (McGibbon & Jansari, 2013).

Holdstock et al. (2002) untersuchten den langsamen und schnellen Erwerb semantischer Informationen. Sie nahmen an, dass der Hippocampus wichtig für den schnellen Erwerb semantischer und episodischer Informationen ist. Jedoch können Erinnerungen für semantische und episodische Informationen unabhängig vom Hippocampus durch wiederholte

Lernphasen langsam erworben werden. Dies bedeutet, dass hippocampale Läsionen den schnellen Erwerb semantischer und episodischer Informationen beeinträchtigen, den Erwerb von Information durch wiederholtes Lernen jedoch nicht stören können. Zudem postulierten die AutorInnen, dass Krankheiten, welche das langsame Lernen über den Neokortex stören, den Transfer von Information in den Neokortex beeinträchtigen, jedoch keinen Einfluss auf den schnellen Erwerb semantischer und episodischer Information haben – vorausgesetzt, dass der Hippocampus in diesem Fall noch funktionsfähig ist. In ihrer Studie beschäftigten sie sich mit einer Patientin, Y. R., die im Alter von 48 Jahren eine selektive bilaterale hippocampale Schädigung erlitt. Y. R. zeigte ein deutliches Defizit im episodischen Gedächtnis. Ihre Fähigkeit, neue semantische Informationen zu lernen, wurde auf drei Wegen untersucht: Erstens wurde ihre Fähigkeit geprüft, die Bedeutung von neuen Wörtern zu lernen, die wiederholt präsentiert wurden. Zweitens wurde Y. R. auf ihre Fähigkeit, bereits gelernte Definitionen von neuen zu unterscheiden, getestet. Außerdem wurde beobachtet, ob diese Information nach einigen Wochen noch vorhanden war. Drittens prüften Holdstock et al. (2002) das Wissen über öffentliche Informationen inklusive der Bedeutung neuer Wörter ab dem Zeitpunkt, an dem ihre episodische Gedächtnisstörung begonnen hatte. Die Leistungen der Patientin wurde mit gesunden Kontrollpersonen sowie einer anderen Patientin - J. L., die weiter oben bereits beschrieben wurde - verglichen. Die Patientin, J. L., zeigte normale Gedächtnisleistungen im Wiedergabe- und Wiedererkennungstask nach 24 Stunden oder weniger, jedoch waren die Leistungen nach mehreren Wochen beeinträchtigt. Sie scheint Beeinträchtigungen im langsamen Lernen zu haben. Holdstock et al. (2002) untersuchten, ob J. L. und Y. R. ein ähnliches Muster im Hinblick auf schnelles Vergessen von semantischem Material aufwiesen. Die Ergebnisse zeigten, dass die Fähigkeit von Y. R., semantisches Material abzurufen, in allen Bedingungen beeinträchtigt war. Diese Beeinträchtigungen wurden mit steigender Wiederholung der Wort-Definitions-paare schwerwiegender. Die Leistungen der Patientin bezüglich der Wiedergabe nach 30 Minuten, 24 Stunden sowie nach 4 Wochen waren beeinträchtigt. Y. R. wies ein Defizit in der Fähigkeit auf, neue Wörter zu definieren. In einer anderen Studie wurde ein Junge, J. E., untersucht, bei dem im Alter von 9 Jahren eine Temporallappenepilepsie mit dem Fokus der Anfälle in der linken Hemisphäre diagnostiziert wurde. Aufgrund der anhaltenden epileptischen Anfälle wurde eine Lobektomie des linken Temporallappens mit amygdalo-hippocampaler Resektion vorgenommen. Ein Jahr nach der Operation wurde unter anderem seine semantische Gedächtnisleistung erhoben. J. E. zeigte im Vergleich zu seinem Zwilling Bruder Beeinträchtigungen im Lernen von verbalem Material, aber kein Defizit beim Abruf dieses nach 45 Minuten. Sein episodisches Gedächtnis

war ebenfalls beeinträchtigt. Trotz der intakten Fähigkeit, gelernte und gespeicherte Informationen nach 60 Minuten wiederzugeben, zeigte er eine enorm hohe Vergessensrate nach einer Woche sowie nach 4 Wochen. Es zeigte sich, dass J. E. schneller und einen höheren Anteil des verbalen Materials verlor als sein Zwillingbruder (Cronel-Ohayon et al., 2006). Die eben beschriebenen drei Fallstudien bestätigten die Annahme von Blake et al. (2000), dass EpilepsiepatientInnen gerade über längere Intervalle einen Gedächtnisverlust erleiden können. Laut Mameniskiene et al. (2006) sind die Häufigkeit der Anfälle, das Alter der PatientInnen und ein auffälliges Anfallselektroenzephalogramm signifikante Prädiktoren für das schnellere Vergessen von Langzeiterinnerungen unter EpilepsiepatientInnen. Auch O'Connor et al. (1997) gingen von einem Zusammenhang der Anfallshäufigkeit und den Gedächtnisleistungen aus. Manes et al. (2005) beschäftigten sich ebenso mit dem schnelleren Vergessen von verbalen Langzeiterinnerungen bei EpilepsiepatientInnen. Das verbale Langzeitgedächtnis wurde durch die freie Wiedergabe von gelernten Geschichten bei sofortigem Abruf, nach 30 Minuten sowie nach 6 Wochen erhoben. Verglichen mit gesunden Personen, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei der sofortigen Wiedergabe und nach 30 Minuten. Allerdings konnten signifikante Unterschiede beim Wiedergeben zwischen diesen beiden Intervallen und nach 6 Wochen festgestellt werden. Die Studie bestätigte wiederum das schnellere Vergessen von verbalem Material aus dem Langzeitgedächtnis bei EpilepsiepatientInnen. Zum gleichen Schluss kamen weitere AutorInnen, die mit ihrer Studie ebenso zeigten, dass EpilepsiepatientInnen im Vergleich zu gesunden Personen nach 3 Wochen höhere Vergessensraten für verbales und visuelles Material aufweisen (Butler et al., 2007). Wilkinson et al. (2012) widmeten sich ebenfalls der Frage, ob PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie verbales und nonverbales Material schneller vergessen als gesunde Versuchspersonen. Sie untersuchten die Gedächtnisleistungen durch Behaltensintervalle von einer Stunde und 6 Wochen und, ob beobachtete Gedächtnisverluste mit strukturellen Veränderungen des Hippocampus und oder der Anfallshäufigkeit zusammenhingen. Die Ergebnisse zeigten, dass Temporallappenepilepsie den Erwerb und das Behalten neuer Erinnerungen nach relativ kurzen Intervallen des Abrufs von einer Stunde beeinflussen könnte. Dieses Defizit hing mit einer strukturellen Anomalie des Hippocampus zusammen und zeigte sich besonders bei verbalem Material. Diese Studie bewies die Existenz für schnelleres Vergessen von Langzeiterinnerungen hinsichtlich verbalen und nonverbalen Materials bei EpilepsiepatientInnen. Dieses schnellere Vergessen scheint im Zusammenhang mit der Häufigkeit der epileptischen Anfälle zu stehen.

Bell (2006) untersuchte in seiner Studie die Gedächtnisleistungen von Personen mit und ohne Temporallappenepilepsie nach sofortigem Abruf und nach Intervallen von 30 Minuten und 2 Wochen. PatientInnen erzielten signifikant schlechtere Leistungen als gesunde Personen bei allen Zeitintervallen, zeigten jedoch keine unproportionierten Vergessensraten über die Zeit. Bell (2006) schlussfolgerte, dass das Intervall von 30 Minuten ausreicht, um die Gedächtnisfunktionen und -defizite bei Personen mit Temporallappenepilepsie zu untersuchen. Somit steht er der Annahme von Blake et al. (2000) gegenüber.

Aus bisheriger Forschung geht also folgendes hervor: Erstens gelang es bis jetzt konventionellen Verfahren zur Erhebung des semantischen Langzeitgedächtnisses häufig nicht zuverlässig, die Gedächtnisdefizite bei Personen mit Epilepsie aufzudecken. Eventuelle Gründe dafür wurden bereits diskutiert. Zweitens kann in manchen Fällen bei Messungen des Gedächtnisses nach längeren Abständen beobachtet werden, dass EpilepsiepatientInnen verbale Informationen schneller und in höherem Ausmaß vergessen. Drittens haben vor allem PatientInnen einer Temporallappenepilepsie mehr Schwierigkeiten bei Tests, die das verbale Langzeitgedächtnis erheben, als gesunde Personen. Viertens haben PatientInnen einer Temporallappenepilepsie, bei welchen der Fokus der epileptischen Anfälle in der linken Hemisphäre liegt, scheinbar mehr Defizite im semantischen Langzeitgedächtnis im Vergleich zu PatientInnen mit dem Fokus in der rechten Hemisphäre und gesunden Personen.

Es wird deutlich, dass es viele Faktoren beziehungsweise Prädiktoren gibt, die die objektiven Gedächtnisleistungen bei Personen mit Epilepsie beeinflussen können, wie Anfallshäufigkeit (Mameniski et al., 2006; O'Connor et al., 1997), Anfallskontrolle (Helmstaedter et al., 2003), direkte Folgen von Anfällen (Bell et al., 2001), früher Beginn der Krankheit (Bell et al., 2001; Lespinet et al., 2002) beziehungsweise längere Dauer der Epilepsie (Äikiä et al., 2001), Alter der PatientInnen (Lespinet et al., 2002; Mameniski et al., 2006), antiepileptische Medikation (Jokeit, Krämer & Ebner, 2005; Motamedi & Meador, 2004), operative Resektionen (Davies et al., 1998; Schwartz et al., 1998), Schädigungen des Hippocampus (Gleissner & Elger, 2001), Ausmaß einer linken hippocampalen Atrophie (Kilpatrick et al., 1997), Ausmaß einer hippocampalen Sklerose (Davies et al., 1998; Messas et al., 2008), hippocampale Volumina (Reminger et al., 2004), Lateralität beziehungsweise epileptogener Fokus im linken Temporallappen (Blake et al., 2000; Giovagnoli, 2005; Giovagnoli et al., 2005; Gleissner & Elger, 2001), psychologische Faktoren (Elixhauser et al., 1999), auffälliges Anfalls-EEG (Mameniski et al., 2006), geistige Reservekapazitäten und Retest-Intervalle (Helmstaedter et al., 2003).

Zudem erscheint es ersichtlich, dass bildgebende Verfahren, wie beispielsweise die fMRT oder PET wichtige Instrumente in der Epilepsieforschung darstellen. McDonald (2008) betonte ebenso, dass bildgebende Verfahren, wie fMRT und Magnetenzephalographie (MEG) notwendig sind, um das Niveau der Gedächtnisprozesse von EpilepsiepatientInnen zu erheben. Ein weiteres häufig eingesetztes und unverzichtbares Verfahren ist das Elektroenzephalogramm, welches auch der vorliegenden Studie zugrunde liegt und auf das im Folgenden näher eingegangen wird.

1.2.4 Erläuterung der Begriffe Elektroenzephalogramm insbesondere ereigniskorrelierte Potentiale und die Bedeutung dieser Messinstrumente für die Epilepsieforschung

Der Psychiater Hans Berger schrieb 1929 als erster eine Arbeit über das Elektroenzephalogramm (folglich abgekürzt als EEG) des Menschen. Das Oberflächen-EEG wird seit fast einem Jahrhundert verwendet, um Gehirnfunktionen zu untersuchen (Jorge, Zwaag & Figueiredo, in press) und misst an der Kopfhaut elektrische Potentiale, die durch die elektrische Aktivität von neuronalen Zellgruppen erzeugt werden (Baillet, Mosher & Leahy, 2001). Typische Messungen mittels EEG und ereigniskorrelierten Potentialen (Erklärung folgt) ermöglichen eine effektive und äußerst gute zeitliche Auflösung der mentalen Prozesse in einer Größenordnung von 10 Millisekunden (Moosmann, Eichele, Nordby, Hugdahl & Calhoun, 2008; Nunez & Silberstein, 2000). Ereigniskorrelierte Potentiale (folglich abgekürzt als ERPs) wurden in vielen Studien verwendet, um die Unterschiede in den Gehirnaktivitäten bezüglich der Wiederholung von Stimuli zu untersuchen. Das grundlegende Ziel besteht im besseren Verständnis der Gehirnprozesse, die unter anderem bei Leistungen des Gedächtnisses involviert sind (Trenner, Schweinberger, Jentsch & Sommer, 2004). Der Einsatz von ERPs eignet sich gut, um die multiplen Dimensionen von Wortbedeutungen zu untersuchen (Frishkoff et al., 2009). Somit sind sie eine wichtige Methode zur Untersuchung des semantischen Gedächtnisses. ERPs stellen eine äußerst informative und dynamische Methode zum Beobachten des Informationsflusses im Gehirn dar. Die Ableitung der elektrischen Potentiale spiegelt die Aufnahme und Verarbeitung sensorischer Information gut wider, welche unter anderem kognitive Aktivitäten wie Gedächtnisfunktionen und semantisches Verständnis miteinschließen. ERPs sind zeitlich mit einem physiologischen oder geistigen Ereignis verknüpft und werden üblicherweise aus dem Oberflächen-EEG durch Mittelung der Signale extrahiert. Eine ERP-Komponente ist definiert durch ihre positive oder negative Polarität, ihre Latenz, ihre Verteilung über die Kopfhaut und durch ihren

Zusammenhang mit experimentellen Variablen. ERPs aus einem Oberflächen-EEG stellen eine nicht-invasive Methode der Untersuchung kognitiver Prozesse im menschlichen Gehirn mit einer äußerst guten zeitlichen Auflösung dar und können somit auch als Mittel zur Erfassung des pathologischen Status herangezogen werden. Die Sequenz und Latenzen von ERP-Komponenten zeigen den Zeitverlauf der Verarbeitungsaktivität in Millisekunden (folglich abgekürzt als ms) auf, wohingegen die Amplituden, gemessen in Mikrovolt (folglich abgekürzt als μV) das Ausmaß der Beteiligung von neuronalen Ressourcen an spezifischen kognitiven Prozessen indizieren. ERPs sind empfindlich für Variablen, die in Verbindung mit Informationsverarbeitung stehen, wie beispielsweise auditives Unterscheidungsvermögen oder semantische Verarbeitung, und vervollständigen traditionelle und limitierte Messungen der Leistung, wie die Akkuratheit und Geschwindigkeit der Antworten (Duncan et al., 2009). ERPs treten also bei visueller, akustischer oder somatosensorischer Reizung der peripheren Rezeptoren oder sensorischen Nerven auf. Da diese Potentiale jeweils eine bestimmte Latenz haben, ist es möglich, die Form der ERP-Komponenten bei wiederholter Reizung durch Überlagerung und Berechnung der gemittelten Reizantworten deutlich zu machen. ERPs folgen in ihrem Auftreten einer Reihenfolge: Rasche Komponente, langsame Komponente und Nachschwankungen (Ebe & Homma, 2002). Es gibt einige wichtige späte ERP-Komponenten, wie beispielsweise die P300, die N400 oder die späte positive Komponente (*late positive component*, folglich abgekürzt als LPC), die unter anderem mit dem Gedächtnis im Allgemeinen in Verbindung stehen. Im Zuge der Erläuterung dieser Komponenten werden wichtige Begriffe, wie Amplitude und Latenz deutlich gemacht.

1.2.4.1 P300

Die P300-Komponente wird als kognitives neuroelektrisches Phänomen beschrieben, weil sie stets in psychologischen Tasks hervorgerufen wird, in denen Versuchspersonen Stimuli, welche sich in manchen Dimensionen unterscheiden, unterscheiden. Es wird angenommen, dass neurophysiologische Prozesse kognitiven und biologischen Einflüssen der P300 unterliegen. Die P300 wird oft in einem einfachen Unterscheidungstask hervorgerufen. Sie wird anhand ihrer Amplitude (Größe) und Latenz (Zeit) erfasst. Die Amplitude (angegeben in μV) bezeichnet den Spannungsunterschied zwischen der Baseline vor dem Stimulus und dem höchsten positiven Punkt der elektrischen Aktivitäten der ERPs innerhalb eines Zeitfensters, wie beispielsweise zwischen 250 und 400 Millisekunden. Die Latenz (gemessen in ms) ist die Zeit vom Auftreten des Stimulus bis zum Punkt der höchsten positiven Amplitude innerhalb eines Zeitfensters. Darüber hinaus zeigt sich bezüglich der Verteilung über die

Kopfoberfläche, dass die P300 verstärkt von den frontalen bis zu den parietalen Elektroden auftritt. Außerdem scheint die P300 anfällig für Schwankungen im Erregungszustand des Organismus zu sein (Polich & Kok, 1995). In Verbindung mit dieser P300-Komponente wurde ein komplexer Faktor beobachtet, der besonders bei alarmierenden oder neuen Stimuli frühere positive Komponenten erzeugt. Dieser wird als „P3a“ bezeichnet und erreicht typischerweise zwischen 200 und 300 ms seine maximale Amplitude nach einem Stimulus, der unvorhersehbar, neu und task-irrelevant ist (Friedman, Kazmerski & Cycowicz, 1998; Knight, 1997; Squires, Squires & Hillyard, 1975; Yamaguchi & Knight, 1991). Ein weiterer Faktor, der als „P3b“ bezeichnet wird, ist im Gegensatz zur P3a eine ERP-Komponente, die ihren Höhepunkt ungefähr 100 ms später erreicht und sich mit dem Ausmaß, in welchem Stimuli task-relevant sind, vergrößert (Squires et al., 1975). Diese beiden Faktoren beziehungsweise der Zusammenhang dieser ist bis heute noch nicht ganz klar (Polich & Kok, 1995).

1.2.4.2 N400

Die N400 ist ein negatives Potential, das seinen Höhepunkt nach etwa 400 ms erreicht (Wang & Yuan, 2008) und als Antwort auf potentiell bedeutungsvolle Stimuli (geschriebene oder gesprochene Geräusche, Wörter, Bilder, Gesichter) hervorgerufen wird (Münte, Urbach, Düzel & Kutas, 2000). Die N400 wurde erstmals als Antwort auf ein semantisch ungewöhnliches Wort am Ende eines Satzes beobachtet (Kutas & Hillyard, 1980). N400-Effekte wurden jedoch nicht nur im Kontext von Sätzen gefunden, sondern auch im Kontext von Wortpaaren, insbesondere beim Einsatz von *lexical decision tasks* (Wang & Yuan, 2000). Diese negative Komponente scheint nach Kutas und Hillyard (1980) ein elektrophysiologisches Zeichen der Wiederverarbeitung semantisch anomaler Information zu sein. Die N400 ist jedoch nicht nur ein Detektor für semantische Verletzungen. In einem Satz könnten alle Wörter eine N400-ähnliche Aktivität hervorrufen, mit einer Amplitude, die bestimmt wird durch das Ausmaß, in welchem das Wort erwartet wird und in dem es mit seiner Bedeutung in den momentanen Kontext integriert werden kann. Sie ist also empfindlich für semantische Verarbeitungsprozesse und die Amplitude variiert bezüglich der Quantität der Aktivierung durch den semantischen Kontext (Kutas & Hillyard, 1980). In der Abwesenheit eines passenden Kontextes kann die N400-Amplitude durch die Häufigkeit des Wortes und die Konkretheit bestimmt sein (Münte et al., 2000). Die Amplitude ist größer bei seltenen Wörtern als bei häufigen. Die N400 ist zudem empfindlich für Wiederholungen, indem sie bei der zweiten oder dritten Präsentation von Wörtern kleiner wird. Weiter ist die

N400 für konkrete Wörter größer als für abstrakte Wörter, welche isoliert beziehungsweise in einer nicht in Beziehung stehenden Wortliste präsentiert werden. Die Mehrheit der Studien über die N400 wurde mit Hauptwörtern durchgeführt. Es wird also deutlich, dass Wörter, die förmlich abweichend sind, eine späte positive Serie von Potentialen hervorrufen, wohingegen semantisch unpassende Wörter eine späte negative Welle auslösen (Kutas & Hillyard, 1980). Lexikalische und semantische Verletzungen innerhalb geschriebener Sätze rufen posterior eine N400 hervor, die über der rechten Hemisphäre geringfügig größer ist als über der linken (Müntz et al., 2000). Kutas und Federmeier (2000) beschrieben die N400 detailliert im Zusammenhang mit dem Langzeitgedächtnis. Diese Komponente wurde unter anderem in Studien untersucht, die entweder ein einzelnes Wort oder Wortpaare einsetzten, um mehr Einblick in die Aspekte bezüglich des Zugangs zu Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zu bekommen (Wiederholung, Kategorisierung). Die Amplitude der N400 bei einem bedeutungsvollen Wort ist sehr empfindlich für den momentanen Kontext, in dem dieses steht, unabhängig davon, ob dieser Kontext ein einzelnes Wort, ein Satz oder ein Verlauf ist. N400-Effekte scheinen also in ihrer Stärke mit mehreren Level des Kontextes zusammenzuhängen: Wörter, die leichter zu verarbeiten sind, weil sie semantisch in einem zu erwartendem Kontext vorkommen oder in Bezug zu vorher präsentierten Wörtern stehen, rufen kleinere N400-Amplituden hervor verglichen mit denselben Wörtern, die außerhalb dieses Kontextes stehen oder nur in einem schwachen, inkongruenten Kontext. Die N400 scheint ebenso empfindlich für die Leichtigkeit der Zugänglichkeit zu Informationen aus dem Langzeitgedächtnis zu sein. Eine spezielle Verbindung zwischen der N400 und dem semantischen Langzeitgedächtnis wurde erstmals in einem Satz-Verifikations-Task gefunden, in dem Versuchspersonen die Richtigkeit von einfachen Aussagen über Mitglieder einer Kategorie beurteilen sollten. Ein Beispiel für eine Aussage wäre: „Eine Karotte ist ein Gemüse“. Die N400-Amplitude schien je nach Bezug der Mitglieder einer Kategorie ausgeprägter – unabhängig von dem Wahrheitsgehalt der Aussage. Es wird also deutlich, dass eine Relation zwischen Items im Langzeitgedächtnis die neuronalen Prozesse beeinflusst, durch die das Gehirn Sätze verarbeitet. Laut Kutas und Federmeier (2000) scheinen fast alle Typen von bedeutsamen oder potenziell bedeutsamen Stimuli mit einer Negativität zwischen 250 und 500 ms (N400) nach der Präsentation des Stimulus zusammenzuhängen.

1.2.4.3 LPC

Die späte positive Komponente wird stärker durch alte, gelernte als durch neue, ungelernte Wörter zwischen 400 bis 800 ms hervorgerufen. Sie ist vor allem in der parietalen Region ausgeprägt (Friedman & Johnson, 2000; Düzel et al., 1999). Laut Paller et al. (1995) zeigt sich die LPC ungefähr zwischen 400 und 500 ms nach dem Erscheinen eines Stimulus und dauert für mehrere hundert Millisekunden an. Sie ist ein wichtiger Teil des *old/new-effect*, welcher weiter unten erläutert wird und möglicherweise Modulationen einer früheren Komponente ähnlich einer N400 miteinschließen könnte. Laut Blanchet et al. (2007) ist die LPC ein Index für assoziative Prozesse, die beim Verknüpfen von Items, die miteinander in Bezug stehen, involviert sind. Dies bedeutet, die Komponente indiziert Prozesse, die in semantischen Organisationsstrategien während dem Lernen involviert sind.

1.2.4.4 Die Bedeutung des EEG und der ERPs für die Epilepsieforschung

Speziell die Krankheit Epilepsie betreffend ist das EEG im Allgemeinen eine wichtige und wertvolle Technik in der klinischen Neurologie und findet unter anderem im Prozess der Epilepsiediagnostik Anwendung (Ladder & Putten, 2013). Laut Ebe und Homma (2002) ist es das wichtigste Hilfsmittel zur Diagnose der Krankheit Epilepsie. Bei 85% der PatientInnen, die unter epileptischen Anfällen leiden, zeigen sich abnorme EEG-Kurven. Dies wird anhand des folgenden Zitates deutlich: „Wie die Epilepsie als anfallsartige und vorübergehende Hirnfunktionsstörung bezeichnet wird, zeigt auch das EEG des Epilepsiepatienten paroxysmal und flüchtig viele abnorme Tätigkeiten (oft auch Anomalien der Grundaktivität)“ (Ebe & Homma, 2002, S. 153). Oft zeigen sich bei EpilepsiepatientInnen negative Spitzen. Diese sind Komponenten, die aus der Grundtätigkeit hervortreten und weniger als 80 Millisekunden andauern. Somit grenzen sie sich von steilen Komponenten ab, die mehr als 80 Millisekunden andauern. Sind die Spitzen nach oben gerichtet, haben diese eine negative, sind sie nach unten gerichtet, eine positive Polarität. Bei Spitzen handelt es sich bereits um abnorme EEG-Tätigkeiten. Der Herd (Fokus) der Spitzen zeigt häufig an, dass sich der Ursprung der epileptischen Anfälle in der besagten Region des Gehirns befindet. Bei der Temporallappenepilepsie ist auffällig, dass im EEG vor allem über der vorderen und mittleren Temporalregion bi- oder unilateral Spitzen und steile Komponenten auftreten (Ebe & Homma, 2002).

Vor allem ERPs können helfen, den Ursprung bestimmter neuropsychologischer Defizite, beispielsweise im Gedächtnis bei PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie näher zu beleuchten. Darüber hinaus sind ERPs ein wichtiges Hilfsmittel, um die Seite des

Anfallsfokus einer Temporallappenepilepsie zu bestimmen. Eine Studie zeigte signifikante Unterschiede in den ERPs zwischen PatientInnen mit Temporallappenepilepsie, die ihren Ursprung entweder in der linken oder rechten Hemisphäre hatte und gesunden Personen. In lateralen fronto-temporalen Elektroden zeigten sich größere Negativitäten kontralateral zum Anfallsfokus. Außerdem wurde in den parietalen Regionen eine größere Negativität auf derselben Seite des Fokus der Anfälle ausgelöst. Als Konsequenz daraus war bei den PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie links die Amplitude im fronto-temporalen bis parietalen Bereich höher als auf der rechten Seite. Bei den PatientInnen mit dem Fokus der Temporallappenepilepsie in der rechten Hemisphäre war die Amplitude in diesen Bereichen höher auf der linken Seite. Diese Unterschiede waren zwischen 300 und 600 ms nach dem Präsentieren des Stimulus signifikant. Die Autoren schlussfolgerten, dass die ERPs Beeinträchtigungen der kortiko-kortikalen Aktivitäten abhängig von der Seite des Anfallsfokus der Temporallappenepilepsie reflektieren. (Lalouschek et al., 1998). Chen et al. (2001) zeigten eine signifikant verlängerte P300-Latenz bei EpilepsiepatientInnen im Vergleich zu gesunden Personen. Die Latenzen waren besonders lange bei PatientInnen, bei denen die Anfallshäufigkeit ein Ausmaß darstellte, in dem die PatientInnen über 400 Anfälle hatten. Das Alter, in denen die Anfälle begannen oder die Dauer der Krankheit konnten nicht mit der Verlängerung der P300-Latenzen assoziiert werden. Aus der Studie wurde geschlussfolgert, dass die Art der Anfälle einer Temporallappenepilepsie und eine hohe Anfallshäufigkeit zwei unabhängige verursachende Faktoren für die abnormen P300-Latenzen von EpilepsiepatientInnen darstellen. Ozmenek et al. (2008) zeigten in ihrer Studie ebenso, dass die P300-Latenzen bei EpilepsiepatientInnen länger sind als bei gesunden Personen. Es wird also deutlich, dass ERPs gute Indikatoren für Gedächtnisdefizite bei EpilepsiepatientInnen sind und eine erfolgreiche und relevante Methode in der Forschung und Behandlung von Epilepsie darstellen (Verleger, 2002).

1.2.5 Der Zusammenhang zwischen ereigniskorrelierten Potentialen und dem verbalen Langzeitgedächtnis bei Personen ohne Epilepsie beziehungsweise gesunden Versuchspersonen

Es besteht eine Verbindung zwischen der N400 und dem Langzeitgedächtnis beziehungsweise dem semantischen Gedächtnis (Kutas & Federmeier, 2000). Laut Kutas und Hillyard (1980) ist die N400 während der semantischen Verarbeitung präsent. Kounios und Holcomb (1992) zeigten, dass die N400 empfindlich für Aspekte des semantischen Langzeitgedächtnisses ist.

Viele empirische Studien lieferten Hinweise darauf, dass während semantischer Gedächtnistasks vor allem eine N400 beobachtet werden kann (Braun et al., 2006; Castañeda, Ostrosky-Solis, Pérez, Bobes & Rangel, 1997; Coch & Mitra, 2010; Curran, 1999; Debruille & Renoult, 2009; Düzel et al., 1999; Federmeier, McLennan & De Ochoa, 2002; Gratton, Evans & Federmeier, 2009; Hutzler et al., 2004; Kounios & Holcomb, 1992; Kounios et al., 2009; Leinonen et al., 2009; Silva-Pereyra et al., 2003; West & Holcomb, 2000).

Um das zeitliche Ausmaß beim Prüfen des Abrufs von semantischen Gedächtnisleistungen zu verkürzen, werden statt ganzen Sätzen, dessen Wörter in einem kongruenten beziehungsweise inkongruenten Bezug zueinander stehen, häufig Pseudowörter eingesetzt. Leinonen et al. (2009) zeigten, dass Pseudowörter eine stärkere negative Amplitude zwischen 400 und 500 ms hervorrufen als echte Wörter. Die AutorInnen dieser Studie wählten folgende neun Elektroden zur weiteren Analyse aus: F3, Fz, F4 (anterior), C3, Cz, C4 (zentral) und P3, Pz, P4 (posterior). Sie differenzierten auch noch zwischen linken (F3, Fz, F4), mittleren (Fz, Cz, Pz) und rechten (F4, C4, P4) Elektroden. Dieser negative Effekt bei Pseudowörtern schien in den zentralen (C3, Cz, C4) und posterioren (P3, Pz, P4) Regionen sowie in der rechten Hemisphäre (F4, C4, P4) ausgeprägter zu sein. Am stärksten zeigte sich der Effekt in den rechten zentralen (C4) und parietalen (P4) Elektroden. Weiter zeigten sich positivere Amplituden bei Wörtern als bei Pseudowörtern zwischen 750 und 900 ms in der rechten Hemisphäre. Die AutorInnen beobachteten diese vermehrte Positivität bei Wörtern in den rechten frontalen und rechten zentralen Elektroden. Coch und Mitra (2010) teilten in ihrer Studie die Elektroden in frontal (F7, F8, F3, F4), fronto-temporal (FT7, FT8, FC5, FC6), temporal (T3, T4, C5, C6), zentral (CT5, CT6, C3, C4), parietal (T5, T6, P3, P4) und okzipital (TO1, TO2, O1, O2). Die Ergebnisse zeigten, dass Pseudowörter die größte N400 hervorrufen, gefolgt von echten Wörtern. Diese Negativität wurde vor allem posterior also eher in den hinteren temporalen, parietalen und okzipitalen Elektroden beobachtet. Die Autorinnen fanden insgesamt posterior eine P150, posterior eine N200, eine weitreichende N300 und posterior eine N400, welche allesamt in unterschiedlicher Weise empfindlich für Wörter, Pseudowörter und Nichtwörter waren. Mit dem Begriff Nichtwörter wurde in dieser Studie eine orthographisch unregelmäßige und unvertraute Abfolge von Buchstaben gemeint, wohingegen Wörter und Pseudowörter orthographisch regelmäßige Abfolgen darstellten. Nichtwörter riefen eine höhere P150 hervor als Wörter und Pseudowörter. Nur Wörter – nicht Pseudowörter – lösten eine höhere N200 hervor als Nichtwörter. Dies zeigte sich vor allem in mittleren okzipitalen Regionen. Wörter riefen posterior und in medialen Regionen größere N300-Komponenten hervor als Nichtwörter. Pseudowörter riefen ebenfalls höhere N300-

Komponenten hervor als Nichtwörter, jedoch vor allem posterior und in der rechten Hemisphäre sowie medial. Wörter und Pseudowörter riefen posterior höhere N400-Amplituden hervor als Nichtwörter. Diese Studie deutet darauf hin, dass frühe Potentiale, aber auch die N400 keinen signifikanten Unterschieden bezüglich Wörtern und Pseudowörtern unterworfen sind, sondern nur im Vergleich zu Nichtwörtern. Curran (1999) untersuchte Unterschiede in den ERPs zwischen alten, gelernten und neuen, nicht gelernten Wörtern und Pseudowörtern, während die Versuchspersonen entweder einen Gedächtnistask mit Wiedererkennen oder einen *lexical decision task* absolvierten. Aus früherer Literatur geht hervor, dass die ERPs positiver zwischen 300 und 800 ms bei bekannten Wörtern als bei neuen Stimuli wie beispielsweise Pseudowörtern sind. Dieser Effekt wird als *old/new-effect* bezeichnet. In dieser Studie lag der Fokus auf sechs Regionen: Zwei lateral (rechts, links), zwei kaudal (anterior, posterior) und zwei vertikal (inferior, superior). Curran (1999) fand in seinem Experiment einen frontalen N400-ähnlichen *old/new-effect* bei Wörtern und Pseudowörtern in ähnlichem Ausmaß, welcher am stärksten über anterioren, superioren und posterioren, inferioren Regionen zwischen 300 und 500 ms auftrat. Dieser Effekt variierte nicht mit dem Task oder der Lexikalität. Ein mittlerer, frontaler *old/new-effect* zwischen 300 und 500 ms konnte nur bei der Wiedererkennung von Pseudowörtern beobachtet werden. Weiter brachten die Ergebnisse einen P600-*old/new-effect*, der am stärksten über den posterioren, superioren und anterioren, inferioren Regionen auftrat. Der P600-*old/new-effect* war bei Wörtern stärker als bei Pseudowörtern und variierte nicht mit der Art der Tasks. In einer anderen Studie wurden ERPs aufgenommen während den Versuchspersonen neue, nicht gelernte Wörter und alte Wörter, die ihnen zum Lernen entweder ein oder dreimal präsentiert wurden. Anschließend sollten die Versuchspersonen beurteilen, ob diese Wörter alt oder neu waren. Es wurden die Elektroden C3, C4, Cz, F3, F4, F7, F8, Fz, P3, P4, Pz, T3, T4, T5, T6 ausgewählt. Am stärksten ausgeprägt war die N400 bei neuen Wörtern und am positivsten bei Wörtern, die den Personen dreimal präsentiert wurden. Dieser N400-Effekt war in den parietalen Elektroden, vor allem in der P3, am größten. In zentralen und temporalen Elektroden zeigten sich ähnliche, jedoch nicht signifikante Ergebnisse. Die Amplitude der LPC konnte mit der Akkuratheit der Entscheidung assoziiert werden. Die Amplitude war höher bei Wörtern, die eine korrekte Entscheidung nach sich zogen. Die LPC war bezüglich der Verteilung über die Kopfhaut links größer als rechts und trat in der zentro-parietalen Region am stärksten auf (Finnigan, Humphreys, Dennis & Geffen, 2002). Gelernte Wörter rufen eine größere LPC nach 400 bis 800 ms in der parietalen Region hervor als neue Wörter (Friedman & Johnson, 2000). Dies konnte in weiteren Studien bestätigt werden (Düzel et al.,

1999; Paller, Kutas & McIsaac, 1995). Dort konnte eine positivere LPC-Amplitude für alte Wörter gefunden werden, die über der linken Hemisphäre in der parietalen Region am größten war. Braun et al. (2006) zeigten, dass Nichtwörter eine größere Negativität hervorrufen als Wörter und, dass die Reaktionszeit bei Wörtern um etwa 130 ms weniger beträgt als bei Nichtwörtern. Die AutorInnen zeigten diesen negativen Effekt bei Nichtwörtern in frontalen (F3, Fz, F4), zentralen (C3, Cz, C4) und parietalen (P3, Pz, P4) Elektroden auf. Hutzler et al. (2004) bestätigten ebenso, dass die Antwortzeiten bei Wörtern kürzer ist als bei Pseudowörtern und, dass Pseudowörter größere negative Komponenten in anterioren Regionen zwischen 350 und 450 ms hervorrufen. Die AutorInnen dieser Studie legten den Fokus auf folgende Elektroden, die in kleine Gruppen eingeteilt wurden: Links anterior (F3, FC1, FC5), rechts anterior (F4, FC2, FC6), links zentral (C3, CP1, CP5), rechts zentral (C4, CP2, CP6), links posterior (P3, P7, PO7), rechts posterior (P4, P8, PO8). Braun et al. (2006) beschrieben außerdem die Morphologie der ERPs während ihres *lexical decision tasks* sehr anschaulich: Anfangs zeigte sich eine negative Auslenkung zwischen 100 und 150 ms, welche als N1 bezeichnet wurde. Dieser N1 schien eine Positivität nach etwa 200 ms zu folgen (P2). Anschließend wurde eine signifikante negative Komponente hervorgerufen, die ihren Höhepunkt nach etwa 350 ms erreichte. Nach einer kurzen Positivität zeigte sich eine weitere spätere negative Auslenkung, welche ihren Höhepunkt nach zirka 500 ms erreichte und als N400 klassifiziert wurde. Es konnten keine signifikanten Unterschiede in der N1 oder der P2 zwischen den Worttypen gefunden werden. Friedrich et al. (2006) bestätigten diese Beobachtungen, was die Morphologie der ERPs während eines *lexical decision tasks* betrifft. Auch sie fanden die erste sichtbare Komponente in Form einer negativen Auslenkung mit einem Höhepunkt nach etwa 130 ms (N1), gefolgt von einer Positivität nach etwa 200 ms (P2). Auch hier konnten noch keine signifikanten Unterschiede aufgezeigt werden. Anschließend konnte eine breite Negativität, welche etwa nach 300 ms poststimulus begann, beobachtet werden. Da diese bei Pseudowörtern ausgeprägter als bei Wörtern war, wurde sie als N400 klassifiziert. Zusätzlich fanden die AutorInnen noch eine späte Positivität von etwa 600 bis 1500 ms posterior (CP5, CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, CP6, P6, P3, P1, Pz, P2, P4, P8, T7, TP7, TP8, PO1, PO2) in den Elektroden. Die Ergebnisse zeigten, dass Pseudowörter mehr Negativität zwischen 500 und 1000 ms auslösten als Wörter und dieser Effekt frontal (AF7, AF3, AFz, AF4, AF8, F5, F1, Fz, F2, F6, FC3, FC1, FCz, FC2, FC4, C5, C3, Cz, C4, C6) am stärksten war. Auch Lehtonen et al. (2007) zeigten in ihrer Studie, dass die Unterschiede zwischen Wörtern und Pseudowörtern erst zwischen 300 und 350 ms beginnen. In den ersten 300 ms scheinen die Komponenten noch nicht durch den Worttyp beeinflusst zu sein. Das

Stimulusmaterial dieser Studie bestand aus vier Listen mit finnischen Hauptwörtern sowie vier Listen mit Pseudowörtern, die je 80 Items enthielten. Die echten Wörter wurden mit Hilfe eines Computerprogramms ausgewählt, wobei zwei Listen aus selten vorkommenden Wörtern – 0.04-4.32 pro Million Wörter – und zwei Listen aus häufigen Wörtern – 7.89-504 pro Million Wörter – bestanden. Die Unterschiede zwischen Wörtern und Pseudowörtern äußerten sich in einer erhöhten Negativität nach etwa 350 ms bei Pseudowörtern. Diese Effekte traten am stärksten in den zentralen (T3, C3, T4, C4) und posterioren (T5, P3, T6, P4) sowie in den medialen (F3, C3, P3, F4, C4, P4) Elektroden auf.

In einer weiteren Studie, in der ein *lexical decision task* eingesetzt wurde, konnte bestätigt werden, dass die N400 größer ist für Wörter, die sinngemäß unpassend sind, und dieser Effekt vor allem im okzipito-temporalen und parahippocampalen Gyrus auftritt (Silva-Pereyra et al., 2003). Auch Wang und Yuan (2008) zeigten in ihrer Studie, in der sie einen *lexical decision task* einsetzten, dass Pseudowörter eine größere N400-Komponente hervorrufen als Wörter. Sie wählten acht Elektroden für die statistischen Analysen aus: FCz, C1, Cz, C2, CP1, CPz, CP2, Pz. Die Amplituden waren größer in den Elektroden CP2, C2 und Pz als in der C1, CP1 und FCz. Die Unterschiede zwischen Wörtern und Pseudowörtern bezüglich der N400 waren in zentro-parietalen Regionen am größten.

Es wird also klar, dass *lexical decision tasks* eine N400 hervorrufen können (Silva-Pereyra et al., 2003; Wang & Yuan, 2008). Es gibt einen Effekt, der in diesem Zusammenhang von Interesse und Bedeutung ist. Der sogenannte Pseudowort-Effekt bedeutet, dass Pseudowörter beziehungsweise aussprechbare Nichtwörter dazu tendieren, zu mehr Treffern und falschen Alarmen zu führen als Wörter (Greene, 2004; Ozubko & Jordens, 2011). Eine Erklärung dafür ist das Fehlen von verschiedenen semantischen Bedeutungen bei Pseudowörtern, weil diese durch weniger Bekanntheit gekennzeichnet sind (Ozubko & Jordens, 2011). Chwilla et al. (1995) führten ebenfalls eine Studie zu ERPs durch, in der sie einen *lexical decision task* einsetzten. Während dieses Tasks konnte abermals eine N400 beobachtet werden. Diese war je nach Bezug zwischen den Wortpaaren ausgeprägter. Für Wortpaare, die miteinander in Bezug standen, waren die Amplituden größer als bei jenen ohne Bezug zueinander. Außerdem trat der N400-*lexicality effect* eher frontal als zentro-parietal auf. Eine P300 wurde ebenfalls hervorgerufen, was laut den AutorInnen zeigte, dass im Task eine Entscheidung erforderlich war. Die P300 war am größten in der zentro-parietalen Elektrode (Pz) und ausgeprägter für Wortpaare, die miteinander in Bezug standen als Wortpaare ohne Bezug. Chwilla et al. (1995) sowie Miyamoto et al. (2000) bestätigten die Annahme von Kutas und Hillyard (1980), dass die N400 bei der semantischen Verarbeitung eines Stimulus involviert ist. Friederici et al.

(1993) bestätigten weiter, dass semantische Anomalien eine N400 auslösen. In anderen Studien wurde die N400 wie auch eine frühe P3 in Verbindung mit semantischem und lexikalischem Zugang bezüglich des semantischen Langzeitgedächtnisses gebracht (Galdo-Alvarez, Lindín & Díaz, 2009; Díaz, Lindín, Galdo-Alvarez, Facal & Juncos-Rabadán, 2007). Die frühe P3 ist eine positive Komponente im Intervall von 250 bis 400 ms (Polich & Kok, 1995), die ihre maximale Amplitude in okzipitalen Regionen erreicht. Diese wird hervorgerufen, wenn Versuchspersonen in einem semantischen Gedächtnistask angeben, die richtige Antwort auf eine Frage zu wissen (Díaz et al., 2007). Grieder et al. (2012) hingegen fanden einen Komplex aus N400 und LPC während eines semantischen Gedächtnistasks.

Es gibt noch weitere Studien, die bestätigten, dass Pseudowörter eine höhere N400-Amplitude auslösen als Wörter (Federmeier, Segal, Lombrozo & Kutas, 2000; Friedrich, Eulitz & Lahiri, 2006; Janssen, Wiese & Schlesewsky, 2006; Lehtonen et al., 2007; Supp et al., 2004). Leinonen et al. (2009) postulierten, dass der N400-Effekt höchstwahrscheinlich die größere Suche und beziehungsweise oder ein Scheitern in der lexikalischen Suche widerspiegelt. Supp et al. (2004) meinten, dass die größere N400-Amplitude bei Pseudowörtern auf die schwierigere Verarbeitung von Pseudowörtern oder auf eine ausgeprägtere Suche im semantischen Gedächtnis nach Pseudowörtern hindeutet. Zudem zeigten sie in ihrer Studie eine signifikante N400 über den gesamten Kopf, die posterior am stärksten war. Sie teilten die Elektroden in anterior links (AF3, F7, F3, FC1, FC5), anterior rechts (AF4, F8, F4, FC2, FC6) sowie posterior links (CP5, CP1, P7, P3, PO3) und posterior rechts (CP6, CP2, P8, P4, PO4). Es konnte keine signifikante Interaktion zwischen den Worttypen und der Hemisphäre festgestellt werden, woraus die Autoren schlussfolgerten, dass die N400 eine bilaterale Verteilung aufweist. Federmeier et al. (2000) stellten fest, dass das Ausmaß, in dem ein Wort zum Kontext passt, die ERPs vor allem in zentralen und posterioren Regionen beeinflusst. Sie zeigten in ihrer Studie nicht nur, dass Pseudowörter im Vergleich zu wirklichen Wörtern eine erhöhte Negativität in den meisten Elektroden zwischen 250 und 450 ms hervorrufen, sondern auch eine erhöhte Positivität bei Pseudowörtern in zentralen und posterioren Regionen, welche nach etwa 600 ms beginnt. Sie betonen somit neben der erhöhten Negativität beziehungsweise einer N400 ebenso eine P600-Komponente bei Pseudowörtern.

Kutas und Iragui (1998) beschäftigten sich im Zusammenhang mit den N400-Kongruitäts-Effekten mit den Charakteristika der Effekte von normalem Altern auf die Amplitude, Latenz und Verteilung über die Kopfhaut. Die Versuchspersonen, die zwischen 20 und 80 Jahre alt waren, nahmen an einem Task teil, der semantisches Kategorisieren erforderte. Es wurden ihnen visuell Wörter präsentiert, die entweder zu dem Sinn der vorhergehenden Phrase

passten oder nicht, wie beispielsweise „Eine Art von Frucht“ oder „Das Gegenteil von schwarz“. Alle Personen zeigten – unabhängig vom Alter – eine größere N400 bei Wörtern, die sinngemäß nicht passten als bei jenen, die passend waren. Bei dieser N400-Komponente konnten mit steigendem Alter verzögerte Latenzen und verminderte Amplituden beobachtet werden. Hahne et al. (2004) zeigten in ihrer Studie, dass semantische Anomalien in einzelnen Wörtern bei Kindern sowie bei Erwachsenen eine N400-Komponente hervorrufen, sich die Latenz der N400 jedoch mit dem Alter verringert.

Castañeda et al. (1997) zeigten ebenso, dass in semantischen Gedächtnistasks eine N400 beobachtet werden kann. Sie wählten jene elf Elektroden mit der größten Negativität aus: Fz, Cz, Pz, FC3, CP3, T3, TP7, FC4, CP4, T4 und TP8. Diese wurden dann für die verschiedenen statistischen Analysen in frontale, zentrale, parietale und linke, mittlere und rechte Elektroden unterteilt. In den Ergebnissen zeigte sich, dass diese prominente N400-Komponente vor allem in zentro-parietalen Regionen und in der rechten Hemisphäre aktiv ist. Die AutorInnen fanden eine frühe Negativität mit einem Höhepunkt der Latenz bei etwa 100 ms, gefolgt von einer positiven Auslenkung mit einem Höhepunkt bei zirka 200 ms. Dieser Positivität folgte eine zweite Negativität, die ihren Höhepunkt zwischen 300 und 570 ms (N400) erreichte. Diese N400 war für inkongruente Stimuli größer als für kongruente. Zuletzt zeigte sich noch eine positive Auslenkung nach ungefähr 600 ms. Vor 300 und nach 600 ms konnten keine signifikanten Effekte gefunden werden. Debrulle und Renoult beobachteten ebenso eine N400-Komponente in ihrer Studie. In der ERP-Studie von West und Holcomb (2000) sollten Versuchspersonen einen Satz-Verifikations-Task absolvieren, wobei das letzte Wort jedes Satzes entweder konkret oder abstrakt war. In diesem semantischen Task riefen konkrete Wörter mehr negative ERPs zwischen 300 und 550 ms (N400) hervor als abstrakte. Die ERPs waren ebenfalls negativer bei konkreten Wörtern zwischen 550 und 800 ms. Dieser Effekt dauerte also sehr lange an und war eher im frontalen Bereich zu beobachten. West und Holcomb (2000) setzten 13 Oberflächenelektroden ein und teilten diese in kleine Gruppen ein: Fz, Cz, Pz (Mittellinie), F7, F8 (links und rechts frontal), O1, O2 (links und rechts okzipital), T3, T4, F7, F8 (anterior temporaler Kortex). Ähnlich wie bei Castañeda et al. (1997) zeigten sich in der Studie von West und Holcomb (2000) in den frühen (vor 400 ms) Potentialen keine signifikanten Unterschiede zwischen abstrakten und konkreten Wörtern. Die AutorInnen beobachteten eine weit verteilte frühe Negativität (N1) mit einem Höhepunkt nach etwa 125 ms in allen Regionen bis auf okzipitale. Okzipital zeigte sich eine frühe Positivität nach ungefähr 125 ms, gefolgt von einer weiteren N1 zwischen 175 und 200 ms. In den übrigen Regionen folgte der N1 eine Positivität, die ihren Höhepunkt zwischen 200 und

250 ms erreichte (P2). Die späten ERPs zeigten sich durch eine weitreichende negative Welle mit einem Höhepunkt bei 400 ms (N400), gefolgt von einer positiven Komponente (P3), die ihren Höhepunkt zwischen 600 und 800 ms über zentralen und posterioren Regionen erreichte. Barber et al. (2013) beschäftigten sich mit der Tatsache, dass konkrete Wörter im Vergleich zu abstrakten üblicherweise größere N400- und N700-Komponenten hervorrufen und sich durch schnellere Antworten auszeichnen. Die Ergebnisse ihrer Studie zeigten, dass Versuchspersonen bei abstrakten Wörtern durch schnellere behaviorale Antworten reagierten, jedoch lösten konkrete Wörter größere N400- und N700-Komponenten aus. Diese ERP-Unterschiede könnten ein Indiz für die aufwändigere semantische Verarbeitung von konkreten Wörtern im Vergleich zu abstrakten sein. Dass sich die N400-Komponenten, die entweder durch konkrete oder abstrakte Wörter hervorgerufen werden, signifikant voneinander unterscheiden, wurde in einer weiteren Studie bestätigt (Ito, Koyama & Nageishi, 1997).

Brier et al. (2008) präsentierten gesunden jungen Erwachsenen zwei Eigenschaften eines Objekts, beispielweise „Wüste“ und „Buckel“. Die Versuchspersonen wurden anschließend, um den Abruf eines speziellen Objekts zu prüfen, gefragt, ob diese beiden Eigenschaften kongruent waren. In diesem Beispiel wäre das spezifische Objekt, das hätte abgerufen werden sollen, „Kamel“. Wenn diese beiden Eigenschaften inkongruent waren, hätte kein Objekt abgerufen werden können. Es konnten signifikante Unterschiede in den ERPs beim Abruf und Nicht-Abruf gefunden werden. Diese Unterschiede zeigten sich nach etwa 750 ms und in linken fronto-temporalen Regionen anterior und diese zeigten laut Brier et al., dass unterschiedliche Prozesse beim Abruf beziehungsweise Nicht-Abruf von Objekten beteiligt sind. Eine Mittelung der ERP-Komponenten zeigte, dass Stimuli, die einen Abruf zur Folge hatten, mehr negative Komponenten nach etwa 750 ms hervorrufen.

Federmeier et al. (2002) untersuchten das semantische Gedächtnis mit Hilfe von Sätzen, die entweder mit einem zu erwartenden oder einem unerwarteten Wort endeten. Die unerwarteten Wörter lösten eine signifikant größere N400 hervor als zu erwartende Wörter.

Wie schon erwähnt erlauben ERPs die Beobachtung kritischer Ereignisse in einer zeitlichen Ordnung von Millisekunden (Ranganath & Paller, 1999). Es gibt zahlreiche Studien, die sich mit ERPs während episodischen Gedächtnistasks auseinandersetzten, jedoch verglichen wenige die Gehirnaktivitäten während dem Absolvieren von Gedächtnistasks, bei denen es um den episodischen und semantischen Abruf geht, direkt. Wie weiter oben erörtert wurde, tritt die sogenannte P3a-Komponente bei unvorhersehbaren, neuen und task-irrelevanten Stimuli auf, die P3b hingegen bei task-relevanten. Aus diesem Grund nahmen Ranganath und Paller (1999) in ihrer Studie, in der sie episodische wie auch semantische Gedächtnistasks

einsetzten, an, dass die P3a während des Gedächtnistasks, der den episodischen Abruf erfasste rechts und während des Tasks, der semantischen Abruf maß, links reduziert sein wird. Es zeigte sich in allen Tasks eine positive Auslenkung bei neuen Tönen mit einem Höhepunkt der Latenz bei etwa 240 ms, welche als P3a identifiziert werden kann. Töne riefen außerdem eine größere positive Auslenkung mit der höchsten Amplitude bei ungefähr 400 ms in der Bedingung, in der es um Töne ging, hervor. Diese konnte als P3b identifiziert werden. Die Ergebnisse zeigten, dass die rechte frontale P3a während des episodischen Abrufs kleiner war. Unerwartet war die rechte frontale P3a jedoch ebenso im semantischen Task kleiner. Nach dem HERA-Modell sollte der linke präfrontale Kortex im semantischen Abruf eine zentrale Rolle spielen. Aus diesem Grund nahmen die Autoren an, dass die linke frontale P3a während dem semantischen Task reduziert sein würde, stattdessen zeigte sich eine rechte frontale P3a-Reduktion. Es wurden zwar auch kleinere linke frontale P3a-Reduktionen gefunden, jedoch waren diese nicht signifikant. Zudem waren die ERPs beim semantischen Gedächtnistask im okzipitalen Bereich positiver zwischen 600 und 900 ms.

Die P300 scheint im Allgemeinen jedoch eher im Zusammenhang mit dem Kurzzeitbeziehungsweise Arbeitsgedächtnis zu stehen (Ergen, Yildirim, Usulu, Gürvit & Demiralp, 2001; Kotchoubey, Jordan, Grözing, Westphal & Kornhuber, 1996; Lefebvre, Marchand, Eskes & Connolly, 2005; Pelosi, Hayward & Blumhardt, 1995; Polich, 2007; Walhovd et al., 2006).

In einer anderen Studie wurde mit einem *lexical decision task* mit Wörtern und Pseudowörtern semantisches Wissen geprüft. Es wurden drei Klassen von Wörtern eingesetzt: *low-frequency*, *rare* und *very rare words*. Der Fokus lag auf den frühen ERPs des semantischen Gedächtnisses, die ihren Höhepunkt vor 400 ms haben. Von besonderem Interesse waren posterior die temporale N2c, anterior die linke N3 und medial die frontale MFN-Komponente. Diese Muster wurden in früheren Studien über semantisches Verarbeiten von Wörtern unterschiedlicher Level beobachtet. Alle Wörter bestanden aus vier bis acht Buchstaben. *Rare* und *very rare words*, beispielsweise „*limpid*“ und „*nutant*“ wurden orthographisch mit *low-frequency words*, wie „*abject*“ gepaart. Richtige Wörter wurden orthographisch mit Nichtwörtern, wie „*pefitant*“ gepaart. Die Versuchspersonen wurden, nachdem individuelle Unterschiede in Lese- und Sprachfähigkeiten gemessen wurden, in drei Gruppen geteilt: hohe, mittlere und niedrigere Fähigkeiten. Sie mussten ihr Wissen über Wortbedeutungen einsetzen, um diesen Task zu absolvieren. Die Wörter wurden mit Hilfe eines Computerprogramms ausgewählt. Die frühen Potentiale P1 und N1 wurden üblicherweise in okzipitalen Regionen beobachten und scheinen frühe Verarbeitungsprozesse

zu reflektieren. Die N1, N2 und N3, die in Sprachverarbeitungsprozessen aktiv sind, zeigten sich meist links in inferioren kortikalen Regionen. Die ersten Effekte der Lexikalität zeigten sich ungefähr zwischen 250 und 270 ms links posterior in temporalen Regionen (N2c-Effekte). Etwas später zeigte sich in den linken frontalen Elektroden ein Haupteffekt der Lexikalität insofern, dass seltenere Wörter weniger Negativität in dieser Region hervorriefen (N3-Effekte). In medialen frontalen Bereichen zeigte sich ein Lexikalitätseffekt nach zirka 400 ms, indem weniger bekannte Stimuli größere Negativität auslösten. Ein P600-Faktor (P3b-Effekte) zeigte ebenso einen Lexikalitätseffekt, allerdings nur in der linken Hemisphäre. Bekannte Wörter waren in zentro-parietalen Regionen signifikant positiver. Als interessantesten Effekt beschrieben die AutorInnen eine Signifikanz nach 270 ms und 640 ms in linken temporalen Regionen, allerdings nur bei Versuchspersonen mit hohen Fähigkeiten. Laut Frishkoff et al. (2009) könnten diese temporalen Effekte posterior eine erhöhte Aufmerksamkeit für die Wortform reflektieren. (Frishkoff et al., 2009). In dieser Studie wird die Bedeutung des temporalen Kortex wieder klar, die in Kapitel 1.2.1.1 im Zusammenhang mit dem verbalen Langzeitgedächtnis bereits beschrieben wurde.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es eine Verbindung zwischen der N400-Komponente und dem semantischen Gedächtnis gibt. Dies wurde in Studien, in denen *lexical decision tasks* eingesetzt wurden, abermals bestätigt. Es gibt relativ viele Belege dafür, dass Pseudowörter eine größere N400 beziehungsweise eine stärkere Negativität hervorrufen als Wörter (z. B. Braun et al., 2006), wobei die Ergebnisse im Hinblick auf das exakte Zeitfenster, die Lokalisation sowie die Lateralität voneinander abweichen. Die Uneinigkeiten im Bezug auf die Lokalisation dieser höheren Negativität bei Pseudowörtern werden bei der Betrachtung der Ergebnisse zahlreicher Studien deutlich, die diese Effekte frontal (Braun et al., 2004; Curran, 1999; Friedrich et al., 2007; Hutzler et al., 2004; Janssen et al., 2006; West & Holcomb, 2000), fronto-zentral (Curran, 1999), zentral (Braun et al., 2004; Federmeier et al., 2000; Janssen et al., 2006; Lehtonen et al., 2007; Silva-Pereyra et al., 2003), temporal (Coch & Mitra, 2010; Frishkoff et al., 2009), zentro-parietal (Castañeda et al., 1997; Curran, 1999; Janssen et al., 2006; Lehtonen et al., 2007; Leinonen et al., 2009; Supp et al., 2004; Wang & Yuan, 2008), parietal (Braun et al., 2004; Coch & Mitra, 2010; Curran, 1999; Federmeier et al., 2000; Janssen et al., 2006; Supp et al., 2004) gezeigt haben. So gibt es auch widersprüchliche Ergebnisse in Bezug auf die Lateralität, da manche Studien diese negativen Komponenten vermehrt in der rechten (Castañeda et al., 1997; Leinonen et al., 2009) und manche in der linken Hemisphäre (Curran, 1999; Braun et al., 2006) aufzeigten. Supp et al. (2004) zeigten hingegen eine bilaterale Verteilung der N400-Komponente.

Zahlreiche Studien lieferten Hinweise darauf, dass frühe Potentiale noch keinen signifikanten Unterschieden bezüglich des Worttyps unterworfen sind (Castañeda et al., 1997; Coch & Mitra, 2010; Frishkoff et al., 2009; Hutzler et al., 2004; Lehtonen et al., 2007; Leinonen et al., 2009; West & Holcomb, 2000).

Zudem ist anzunehmen, dass ERPs im Allgemeinen gut geeignet zu sein scheinen, um unter anderem die Gedächtnisdefizite von PatientInnen, die an einer Temporallappenepilepsie leiden, zu untersuchen (Lalouschek et al., 1998). Dies wird im folgenden Kapitel thematisiert.

1.2.6 Der Zusammenhang zwischen ereigniskorrelierten Potentialen und dem verbalen Langzeitgedächtnis bei Personen mit Epilepsie

Der Frage nach den Zusammenhängen zwischen ERPs und dem semantischen Langzeitgedächtnis bei Personen mit Epilepsie wurde bis heute leider kaum Aufmerksamkeit geschenkt. Es gibt einige Studien, die sich mit dem verbalen Langzeitgedächtnis und ERPs, die von intrakraniellen Elektroden abgeleitet wurden, bei EpilepsiepatientInnen beschäftigten (Dietl et al., 2008; Fernández et al., 1999; Fernández, Klaver, Fell, Grundwald & Elger, 2002; Nobre & McCarthy, 1995). Es erscheint jedoch naheliegend, dass man Ergebnisse von Studien, die sich intrakranieller Methoden bedienen haben, nicht mit jenen von Studien, die ERPs aus Oberflächen-EEG abgeleitet haben, gleichsetzen kann. Trotzdem gehen manche interessante Erkenntnisse aus diesen hervor. Fernández et al. (2002) leiteten ERPs aus Tiefenelektroden während der freien Wiedergabe von häufigen und seltenen Wörtern bei PatientInnen mit Epilepsie ab. Zwischen der Lernphase und der freien Wiedergabe wurde ein Distraktortask vorgegeben, um zu vermeiden, dass die Informationen im Arbeitsgedächtnis aufrechterhalten wurden. Bezüglich der ERPs neigten die häufigen im Vergleich zu den seltenen Wörtern dazu, eine größere Negativität mit einem Höhepunkt der Latenz nach etwa 400 ms hervorzurufen. Dieser Effekt zeigte sich im rhinalen Kortex und das Potential heißt abgekürzt AMTL-N400 (medialer Temporallappen-N400 anterior). Der Unterschied in den ERPs bei wiedergegebenen Wörtern zu den vergessenen Wörtern war bezüglich der AMTL-N400 signifikant. Hippocampale Aufnahmen zeigten, dass wiedergegebene Wörter verglichen mit vergessenen eine stärkere positive ERP-Komponente im späten Zeitfenster (600-2000 ms nach dem Einsetzen des Stimulus) hervorriefen. Zusammenfassend zeigten sich also zwei Gedächtniseffekte: Zum einen konnte eine Negativität der AMTL-N400, wahrscheinlich vom rhinalen Kortex ausgehend, beobachtet werden. Zweitens zeigte sich eine spätere Positivität, die wahrscheinlich innerhalb des Hippocampus generiert wurde. Eine ähnliche Studie wurde 1999 von Fernández et al. durchgeführt, in der PatientInnen einer Temporallappenepilepsie

einzelne Wörter wiedergeben sollten. Es wurden wieder intrazerebrale Elektroden und ein Distraktortask eingesetzt. Die Ergebnisse zeigten, dass Wörter ein großes negatives Potenzial nach 440 ms hervorriefen (AMTL-N400). Die ERPs unterschieden sich nach 310 ms insofern, dass wiedergegebene Wörter eine größere N400 hervorriefen als vergessene. Nobre und McCarthy (1995) führten eine Studie mit intrakraniellen Elektroden bei EpilepsiepatientInnen durch, in der sie Wörter und Nichtwörter einsetzten. Die Personen sahen eine Liste von Wörtern, wobei orthographisch und bezüglich des Typs des Wortes Veränderungen vorgenommen wurden. Isolierte Wörter riefen große negative Potentiale anterior im medialen Temporallappen (AMTL-N400) hervor. Das Potenzialfeld des anterioren medialen Temporallappens war größer für Wörter mit semantischem Inhalt als für Wörter, die grammatikalischen Funktionen dienten. Orthographisch illegale Nichtwörter riefen dieses Potenzial nicht hervor. Dietl et al. (2008) setzten intrahippocampale Elektroden in Verbindung mit einem Wiedererkennungs-Task bei EpilepsiepatientInnen ein. Das Ergebnis zeigte, dass die AMTL-N400 bei der ersten Präsentation von Wörtern, nicht aber von Bildern auf der Seite des Anfallsursprungs reduziert war. Die Autoren schlussfolgerten, dass intrahippocampale ERPs bei Wörtern empfindlicher für epileptische Prozesse sind als die ERPs bei Bildern. Trautner et al. (2004) untersuchten den Einfluss des rhinalen Kortex und des Hippocampus auf das Verarbeiten von berühmten Gesichtern im Vergleich zu nicht berühmten Gesichtern. Im Gegensatz zu nicht berühmten Gesichtern stimulierten berühmte Gesichter Prozesse, die mit dem Zugang und Abruf aus dem semantischen Gedächtnis in Verbindung standen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass alle Gesichter AMTL-N400-Potentiale im rhinalen Kortex und P600-Potentiale im Hippocampus hervorriefen. Die Amplituden dieser beiden Potentiale waren bei berühmten Gesichtern größer als bei nicht berühmten. Kutas und Federmeier (2000) wiesen darauf hin, dass die N400 eine Reflektion durch die Aktivität in mehreren Gehirnbereichen darstellt, während Informationen aus dem semantischen Langzeitgedächtnis abgerufen werden, unabhängig von der Art der Tasks und Stimuli. Dass eine AMTL-N400 hervorgerufen wurde, zeigte, dass Bereiche aktiviert werden, die zum Teil mit dem verbalen Langzeitgedächtnis in Verbindung gebracht werden können. Elger et al. (1997) postulierten, dass latero-temporale und medio-temporale Strukturen der dominanten Hemisphäre verschiedenen Aspekten des deklarativen Gedächtnisses dienen und, dass diese durch intrakranielle ERPs näher charakterisiert werden können. Auch Frishkoff et al. (2004) meinten, dass intrakranielle ERP-Aufnahmen zusätzliche Beweise für die Rolle des Temporallappens in der Generation der N400 bei semantischen Gedächtniseffekten liefern.

Wenn intrakranielle Elektroden möglicherweise mehr Aufschluss als oberflächliche ERPs geben, sind sie oft auf KandidatInnen für eine Temporallappenlobektomie beschränkt, weil sie invasiv sind und aus diesem Grund für gesunde Personen nicht verfügbar sind (Miyamoto et al., 2000). Aus diesem Grund setzten Miyamoto et al. (2000) in ihrer Studie Oberflächen-ERPs ein. Ziel der Studie war die Untersuchung der ERPs – insbesondere der N400 und der LPC – an PatientInnen, die an einer Temporallappenepilepsie litten und an einer Kontrollgruppe bestehend aus gesunden Versuchspersonen, um Informationen über die Beeinträchtigungen im semantischen Verarbeiten bei EpilepsiepatientInnen zu erhalten. Zur Erhebung des verbalen Langzeitgedächtnisses wurde ein *word-pair category paradigm* eingesetzt. In diesem Task wurden ein Wort, das aus einem Hauptwort bestand und ein Target, welches eine Eigenschaft war, der eine semantische Kategorie darstellte, beispielsweise Farbe, Baum oder Fisch präsentiert. Es gab zwei Bedingungen: Einerseits gab es eine *match*-Bedingung, in der ein Wort einem Target vorherging, das zur selben semantischen Kategorie passte, wie beispielsweise das Wort „Spatz“ und das Target „Vogel“. Die zweite Bedingung war eine *mismatch*-Bedingung, bei der ein Wort einem Target vorherging, welches nicht in dieselbe semantische Kategorie passte, beispielsweise das Wort „Libelle“ und das Target „Fisch“. Die ERPs zeigten sich nach Wörtern und Targets bei den PatientInnen positiver als bei den gesunden Versuchspersonen mit einer Latenz von 300 bis 600 ms. In der Kontrollgruppe zeigten die ERPs für Targets die prominente negative Komponente mit einem Höhepunkt von 250 ms in der *match*-Bedingung und nach 350 ms in der *mismatch*-Bedingung. Diese Komponenten entsprachen der N400. In der *mismatch*-Bedingung war die N400-Amplitude größer und von längerer Dauer als in der *match*-Bedingung. Die LPC folgte auf die N400 in jeder Bedingung mit der annähernd gleichen Amplitude. In der Gruppe der EpilepsiepatientInnen war die N400-Amplitude kleiner als in der Kontrollgruppe. Die LPC-Amplitude war in der *mismatch*-Bedingung größer bei den EpilepsiepatientInnen als in der *match*-Bedingung.

Es wurde betont, dass die Reaktionszeit in der *mismatch*-Bedingung in beiden Gruppen länger war und, dass die N400-Amplitude in der Gruppe der PatientInnen in beiden Bedingungen reduziert war. Dies zeigt laut Miyamoto et al. (2004), dass auch non-invasive N400-Komponenten die Störungen in der semantischen Verarbeitung von Personen mit einer Temporallappenepilepsie demonstrieren können. Betont wurde am Ende der Studie, dass alle PatientInnen unter Medikation standen und dies eventuell zur Reduktion der N400 geführt haben könnte.

1.3 Forschungshypothesen

1.3.1 Hypothese 1

Aus etlichen Untersuchungen geht hervor, dass Epilepsiepatienten im Vergleich zu gesunden Personen Beeinträchtigungen im verbalen Langzeitgedächtnis aufweisen (z.B. Bell et al., 2001; Blake et al., 2000; Bresson et al., 2006; Giovagnoli et al., 2005; Wilkinson et al., 2012). Aus diesem Grund wird erwartet, dass Epilepsiepatienten schlechtere Leistungen bezüglich des verbalen Langzeitgedächtnisses erbringen werden als gesunde Personen.

1.3.2 Hypothese 2

Kutas und Hillyard (1980) zeigten, dass Wörter, die in einem Satz in inkongruentem Kontext stehen, eine stärkere N400-Komponente hervorrufen als Wörter, die in kongruentem Zusammenhang miteinander stehen. Zahlreiche Studien (z. B. Federmeier et al., 2000; Hutzler et al., 2004; Wang & Yuan, 2008) liefern Hinweise darauf, dass Pseudowörter in *lexical decision tasks* bei gesunden Personen eine größere N400-Komponente als Wörter. Es wird davon ausgegangen, dass sogenannte Pseudowörter, für die keine lexikalischen Einträge im semantischen Gedächtnis existieren, größere N400-ähnliche Komponenten auslösen als reale Wörter, die im verbalen Langzeitgedächtnis gespeichert sind. Viele Studien zeigten diese negativen Effekte bei Pseudowörtern eher im zentralen sowie parietalen Bereich (z. B. Braun et al., 2006; Lehtonen et al., 2007; Leinonen et al., 2009). Aus dem aktuellen Stand des Wissens geht allerdings ebenso hervor, dass ein Zusammenhang zwischen dem temporalen Kortex und dem verbalen Langzeitgedächtnis besteht (z. B. Finnigan et al., 2002; Frishkoff et al., 2009; Preston et al., 2004). Abgeleitet aus diesen Erkenntnissen wird eine größere N400-ähnliche Komponente bei Pseudowörtern in zentralen, temporalen und parietalen Regionen erwartet.

1.3.3 Hypothese 3

Die Studie von Miyamoto et al. (2000) zeigt, dass Wörter, die bezüglich ihrer semantischen Kategorie inkongruent sind, eine größere N400 bei Patienten einer Epilepsie hervorrufen als sich in einer Kategorie übereinstimmende Wörter. Diese Komponente zeigt sich allerdings im Vergleich zu gesunden Personen reduziert. Zudem wurde gezeigt, dass Pseudowörter in einem *lexical decision task* bei gesunden Personen größere N400-Komponenten auslösen als Wörter. Der Frage, wie sich dieser negative Effekt auch bei Patienten einer Epilepsie zeigt, wurde bisher keine Beachtung geschenkt. Basierend auf diesem aktuellen Stand des Wissens

wird angenommen, dass Pseudowörter in einem *lexical decision task* auch bei Epilepsiepatienten größere N400-ähnliche Komponenten auslösen als Wörter, welche jedoch im Vergleich zu gesunden Personen weniger stark ausgeprägt sein wird.

2 METHODE

2.1 Untersuchungsdesign

Die vorliegende Studie basierte auf einem quasiexperimentellen Design mit einem Zwei-Gruppenplan (zweifaktorielles Design) mit einer Versuchs- und einer Kontrollgruppe. Für die Gruppen wurden folglich die Abkürzungen VG und KG verwendet. Aufgrund der natürlich vorgegebenen Stichproben (Gruppe von Personen mit beziehungsweise ohne Epilepsie) war eine Randomisierung nicht möglich. Zur Kontrolle der Störvariablen Alter und Geschlecht wurde die KG mittels *matched samples* (*matching* nach Bortz & Döring, 2009, S.527) rekrutiert. Eine unabhängige Variable, der erste Faktor, stellte also die Gruppenzugehörigkeit dar. Die beiden abhängigen Variablen setzten sich zum einen aus den Gedächtnisleistungen und zum anderen aus den Ausprägungen der N400-Komponente zusammen. Die zweite unabhängige Variable beziehungsweise der zweite Faktor war die Versuchsbedingung mit der Unterscheidung von Wörtern und Pseudowörtern.

2.2 UntersuchungsteilnehmerInnen

Insgesamt wurden 40 Personen getestet. Die VG setzte sich aus 20 PatientInnen zusammen, die an Epilepsie litten und von der Epilepsy Monitoring Unit der Universitätsklinik für Neurologie des Allgemeinen Krankenhauses Wien unter der Leitung von Frau A.o. Univ.-Prof. Ekaterina Pataraiia für die Studie zur Verfügung gestellt wurden. Da die PatientInnen an einer fokalen Epilepsie litten, die therapierefraktär war, kamen diese für eine neurochirurgische Operation in Frage, um die Krankheit zu behandeln. Im Folgenden sollten die wichtigsten Faktoren beschrieben werden, die mit der Krankheit Epilepsie in Verbindung stehen. Der Beginn der Erkrankung wurde durch das Alter charakterisiert, in welchem die Krankheit Epilepsie erstmals diagnostiziert wurde. Ein früher Beginn lag vor, wenn die Person bei der Erstdiagnose zwischen 0 und 5 Jahren alt war (Lespinet et al., 2002; Äikiä et al., 2001). Laut Lespinet et al. (2002) sei der Beginn als spät zu klassifizieren, wenn die Diagnose nach dem 10. Lebensjahr gestellt wurde. Diese Klassifikation des Beginns der Krankheit wurde für die vorliegende Studie übernommen, wobei fünf PatientInnen einen

frühen und 15 PatientInnen einen späten Beginn aufwiesen. Die Dauer der Krankheit wurde in drei Kategorien unterteilt. In der ersten Kategorie betrug die Dauer weniger als 15 Jahre (kurz), in der zweiten zwischen 15 und 30 Jahren (mittel) und in der dritten über 30 Jahre (lang) (Jokeit & Ebner, 1999). Angelehnt an diese Einteilung zeigten in der vorliegenden Studie acht Personen eine kurze, sechs eine mittlere und sechs eine lange Dauer der Erkrankung. Zudem wurde bei neun PatientInnen eine nicht-läsionelle und bei sechs eine strukturelle Epilepsie diagnostiziert. Bei sechs Personen konnte die Epilepsie nicht näher diagnostiziert werden. Die Häufigkeit der Anfälle wurde anhand der Kategorien selten, mittel und häufig klassifiziert. Anfälle, die sich alle 6 Monate oder seltener ereigneten, wurden als selten bezeichnet. Ereigneten sich diese zwischen 1 und 6 Monaten, wurden sie als mittel eingestuft. Als häufig bezeichnet wurden Anfälle, die sich alle 4 Wochen oder öfter ereigneten (Jensen et al., 2011). Im AKH Wien wurden die Anfälle außerdem hinsichtlich komplex-partieller und generalisiert tonisch-klonischer Anfälle unterschieden. Erstgenannte bezeichneten eher „kleine“ (oft unbemerkte) und zweitgenannte „große“ Anfälle. Bei den generalisiert tonisch-klonischen Anfällen war das Risiko für Stürze und Verletzungen sehr groß. In der vorliegenden Studie hatten eine Person selten, drei Personen mittel häufig und 12 PatientInnen häufig komplex partielle Anfälle. Von vier Personen lagen keine Daten vor. Generalisiert tonisch-klonische Anfälle erlitten acht Personen selten, vier mittel häufig und zwei PatientInnen häufig. Über sechs Personen lagen keine Daten bezüglich dieser Anfälle vor. Bezüglich der Lokalisation der Epilepsie konnten nicht bei allen Personen zuverlässige Angaben gemacht werden. Insgesamt wurde bei 12 Personen eine Temporallappenepilepsie diagnostiziert, wobei der epileptogene Fokus bei fünf PatientInnen in der linken, bei fünf in der rechten Hemisphäre lag. Über die übrigen zwei Personen wurden keine nähere Angaben gemacht. Bei drei PatientInnen wurde eine Frontallappenepilepsie diagnostiziert (zwei links, eine rechts). Bei einer Person wurde als Lokalisation lediglich „linke Hemisphäre“ und bei einer „rechte Hemisphäre“ angegeben und bei je einer Person „rechts zentral“ sowie „rechts zentral frontal“. Über eine Person konnte keine Angabe vorgefunden werden. Alle PatientInnen der VG nahmen zum Zeitpunkt der Testung Medikamente ein. Drei PatientInnen nahmen ein Medikament, 14 Personen zwei, zwei Personen drei und eine Person erhielt vier Medikamente. Es wurde prinzipiell darauf geachtet, eher Medikamente zu verschreiben, über welche keine kognitiven Beeinträchtigungen als Nebenwirkungen bekannt waren. Die KG bestand aus 20 gesunden Personen (ohne neurologische Krankheitsgeschichte) und wurde aus dem Bekannten- und Verwandtenkreis der Untersuchungsleiterinnen rekrutiert. Die

Personen der KG wurden jenen der VG hinsichtlich des Alters und Geschlechts angepasst (*matched samples*).

2.3 Untersuchungsmaterialien

Im Folgenden sind die in der vorliegenden Studie eingesetzten Fragebögen und Testverfahren aufgeführt und vorgestellt.

2.3.1 Soziodemographischer Fragebogen

Mit Hilfe dieses Fragebogens wurden Daten wie Geburtsdatum, Geschlecht, Familienstand, höchster Bildungsabschluss, Berufstätigkeit, Nationalität und Muttersprache abgeprüft. Der Fragebogen zu den soziodemographischen Daten wurde von den Untersuchungsleiterinnen selbst erstellt (siehe Anhang C).

2.3.2 Edinburgh Handedness Inventory

Durch diesen Fragebogen von Oldfield (1971) wurde die Händigkeit der UntersuchungsteilnehmerInnen anhand der Präferenz, die linke oder rechte Hand beim Durchführen von Alltagsaktivitäten zu verwenden, erhoben. Das ursprünglich englischsprachige Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) wurde für die Studie von den Untersuchungsteilnehmerinnen in die deutsche Sprache übersetzt.

2.3.3 Fragebogen zum Sprachverständnis

Um sicherzustellen, dass alle UntersuchungsteilnehmerInnen über Grundkenntnisse der deutschen Sprache verfügten, wurden einige Fragen zum Sprachverständnis gestellt. Dies war ein Kurztest (Rechtschreibung, Wortschatz, Grammatik) (Derungs, n.d.). Dadurch wurde sichergestellt, dass alle das sprachliche Niveau besaßen, das für die durchgeführte Studie benötigt wurde.

2.3.4 Subtest „Gleiche Wortbedeutungen“ des WIT-2

Bei dem Untertest „Gleiche Wortbedeutungen“ des WIT-2 (Kersting, Althoff & Jäger, 2008) ging es darum, das verbale Langzeitgedächtnis der UntersuchungsteilnehmerInnen zu erfassen. Zu diesem Zweck sollten sie zu einem vorgegeben Wort ein Wort der fünf darunter geschriebenen Wörter auswählen, welches mit der Bedeutung des vorgegebenen am ehesten übereinstimmte. Die Autoren dieses Tests gaben bei diesem Subtest eine Zeitbegrenzung von 3,5 Minuten an, damit für alle UntersuchungsteilnehmerInnen die selben Bedingungen galten.

Dieser Untertest wurde ausgewählt, weil er anderen Tests, die das verbale Langzeitgedächtnis erhoben, ähnelte. Beispielsweise erhoben Smith und Lah (2011) das verbale Langzeitgedächtnis mit dem Test *word knowledge*, in dem Versuchspersonen ein vorgegebenes Wort mündlich definieren sollten. Messas et al. (2008) setzten einen Task namens *word definition* ein, bei dem die Versuchspersonen so viele Attribute wie möglich zu einem vorgegeben Wort nennen sollten.

2.3.5 Visueller lexical decision task

In diesem Task sollten die UntersuchungsteilnehmerInnen bei einem auf einem Computerbildschirm visuell präsentierten Wort entscheiden, ob dieses tatsächlich ein reales Wort oder ein Pseudowort darstellte. Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Studien lieferten genügend Argumente dafür, dass sich ein *lexical decision task* gut zur Untersuchung des verbalen Langzeitgedächtnisses eignet (z.B. Frishkoff et al., 2009). Dieser Task wurde auf Basis früherer empirischer Studien von den Untersuchungsteilnehmerinnen selbst konstruiert. Der in Kapitel 1 beschriebene *lexicality effect* beschrieb, dass die Reaktion auf Wörter schneller sei als auf Pseudowörter. Dieser Effekt sollte nach Barca und Pezzulo (2012) kleiner sein, wenn Pseudowörter und häufige Wörter verglichen werden, da hier keine tiefgehende Analyse beider Wörter erforderlich sei. Es sollte schnell entschieden werden können, ob es sich um ein Wort handle oder nicht. Um diesen Effekt bestmöglich beobachten zu können, wurden in der vorliegenden Studie seltene Wörter verwendet. Es wurden 48 seltene Wörter eingesetzt. Diese wurden mit dem Sucharchiv „COSMAS II“ (Institut für Deutsche Sprache, n.d.) ermittelt. Es wurden ausschließlich Wörter miteinbezogen, die ein bis fünf mal pro Million Wörter in der deutschen Sprache vorkamen und aus vier bis sechs Buchstaben (jeweils 16 Wörter pro Buchstabenanzahl) bestanden (Wagenmakers et al., 2004). Ein paar Beispiele für seltene Wörter wären: Kies, Sohle, Ansage. Die ebenfalls 48 Pseudowörter wurden aus seltenen Wörtern, die – zur Vermeidung von *Priming*-Effekten (Barca & Pezzulo, 2012; Curran, 1999) – nicht in die Studie miteinbezogen wurden, erstellt. Diese bestanden ebenfalls entweder aus vier, fünf oder sechs Buchstaben, wobei analog zu den seltenen Wörtern wiederum 16 Wörter pro Buchstabenanzahl gewählt wurden (Wagenmakers et al., 2004). Konkret wurde bei einsilbigen Wörtern ein Selbstlaut durch einen anderen Selbstlaut oder ein Mitlaut durch einen anderen Mitlaut ausgetauscht und bei zwei- oder mehrsilbigen Wörtern wurden zwei oder mehr Buchstaben ersetzt (Albrecht & Vorberg, 2010; Jones et al., 2012; Wagenmakers et al., 2004). Alle Pseudowörter sollten aussprechbar und realen Wörtern orthographisch ähnlich sein (Barca & Pezzulo, 2012; Curran, 1999; Wagenmakers et al.,

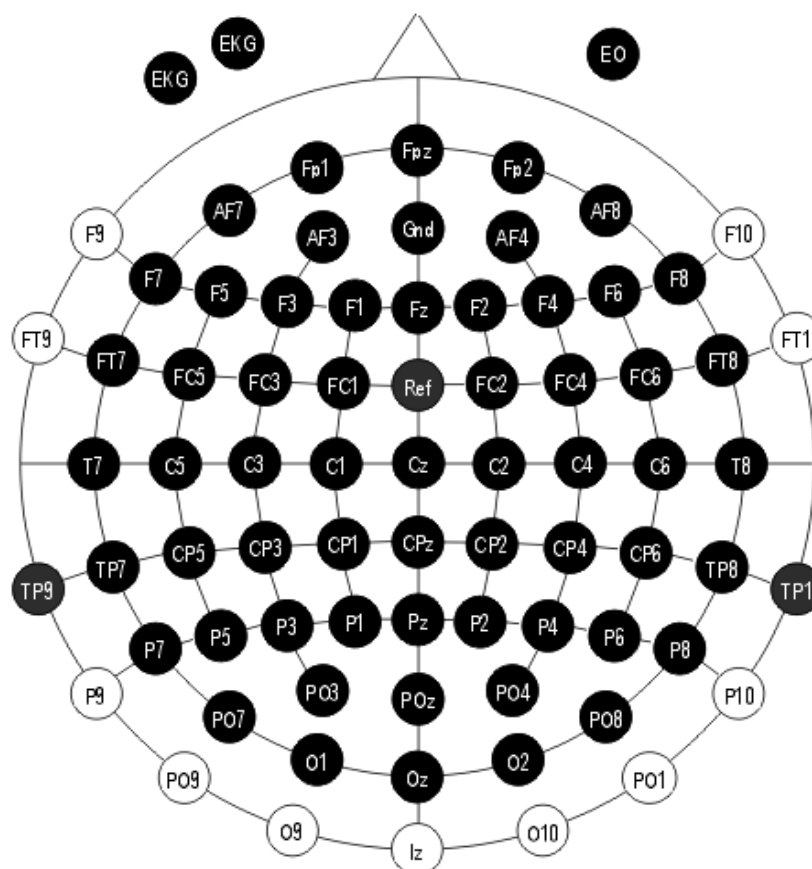
2004). Beispiele wären Alch, Zwirg, Flisar. Die Entscheidung für die Anzahl der Wörter beziehungsweise Pseudowörter erfolgte auf Basis vergangener wissenschaftlicher Studien (Albrecht & Vorberg, 2010; Barca & Pezzulo, 2012; Vitevich & Donoso, 2011).

Der visuelle *lexical decision task* wurde auf einem Computer vorgegeben. Zwischen den Wörtern beziehungsweise Pseudowörtern, die jeweils für 1000 ms präsentiert wurden, erschien ein weißes Fixationskreuz. Das Interstimulusintervall variierte zwischen 1300 und 2000 ms. Die UntersuchungsteilnehmerInnen sollten nach der Präsentation jedes Stimulus mit Hilfe einer Maus, deren linke Taste mit einem grünen „J“ für Ja und deren rechte Taste mit einem roten „N“ für Nein ausgestattet war, ihre Antwort abgeben. Sofern sie der Meinung waren, der präsentierte Stimulus wäre ein Wort, sollten sie die linke Maustaste für Ja betätigen. Andernfalls, wenn sie meinten, der Stimulus auf dem Computerbildschirm stellte ein Pseudowort war, sollten sie mit Nein antworten und die rechte Maustaste klicken. Die UntersuchungsteilnehmerInnen wurden gebeten, so ruhig und bequem wie möglich zu sitzen und, wenn es für sie möglich wäre, eher während des Aufscheinens des weißen Fixationskreuzes zu blinzeln, sofern sie blinzeln müssten. Bei dem *lexical decision task* gab es vor dem eigentlichen Durchgang einen Übungsdurchgang (Dauer: 15 Sekunden), in dem vier Wörter – jeweils zwei Wörter und zwei Pseudowörter – probeweise präsentiert wurden, um zu sehen, ob die UntersuchungsteilnehmerInnen die Instruktion verstanden haben und die richtigen Antworten gaben. Nachdem sichergestellt wurde, dass dies der Fall ist, wurde der richtige Durchgang gestartet. Der visuelle *lexical decision task* dauerte ohne Übungstask 5 Minuten und 20 Sekunden.

2.4 Untersuchungsgeräte

Die Aufzeichnung der ERPs erfolgte über Elektrodenkappen mit 64 integrierten Oberflächen Elektroden (64-Kanal-Standard, BrainCap, Brain Products GmbH). Es wurden vom Forschungslabor des AKH Wien drei Hauben in verschiedenen Größen (54, 56 und 58 cm) zur Verfügung gestellt, um trotz unterschiedlicher Schädelgrößen der UntersuchungsteilnehmerInnen vergleichbare Ergebnisse zu erlangen. Die EEG-Hauben wurden nach dem internationalen 10-20-System angebracht. Um die nach diesem System gewünschte Position der Haube zu gewährleisten, wurde der Schädelknochen mit einem Maßband vom Nasion bis zum Inion ausgemessen. Außerdem wurde ebenso der Abstand vom linken zum rechten Ohr ausgemessen. Die Haube war in der richtigen Position, wenn sich die Cz-Elektrode genau in der Mitte zwischen Nasion und Inion sowie linkem und rechtem Ohr befand. 61 der 64 Elektroden waren bereits fest angeordnet und die übrigen drei frei

Es wurde ein Verstärker für die Aufnahme der 64 Kanäle verwendet, bei dem eine Abtastrate von 1000 Hertz und einer Bandpassfiltrierung von 0.1 bis 200 Hertz eingestellt war. Die daraus gewonnenen Daten wurden als Rohdaten gespeichert.



frontal, C = zentral, T = temporal, P = parietal, O = okzipital)

2.5 Untersuchungsdurchführung

Der Antrag für die Studie wurde bei der Ethikkommission der Medizinischen Universität Wien vorschriftsgemäß eingereicht und bewilligt. Alle Testungen fanden im EEG-Labor des AKH Wien in einer ruhigen und komfortablen Atmosphäre statt. Nachdem die UntersuchungsteilnehmerInnen begrüßt wurden, wurde ihnen das Informationsblatt vorgelegt und die wichtigsten Punkte vorgestellt. Die Voraussetzung für das Durchführen der Studie war die freiwillige Teilnahme der UntersuchungsteilnehmerInnen, die durch die Unterschrift dieser bestätigt wurde. Zuerst erhielten die UntersuchungsteilnehmerInnen den soziodemographischen Fragebogen, danach das Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971) und schließlich den Kurztest zum Sprachverständnis (Derungs, n.d.). Im Anschluss wurde ein Untertest des IGD namens „Verbales Arbeitsgedächtnis“ (Baller, Brand, Kalbe & Kessler, 2006) zur Erfassung des verbalen Arbeitsgedächtnisses und der Subtest „Gleiche Wortbedeutungen“ zur Erhebung des verbalen Langzeitgedächtnisses vorgegeben. Die UntersuchungsteilnehmerInnen wurden darauf hingewiesen, dass ein Zeitlimit existierte, jedoch wurde ihnen dieses nicht im Detail mitgeteilt. Sie wurden lediglich – wie dem Manual des WIT-2 zu entnehmen ist – darauf hingewiesen, zügig zu arbeiten und sich bei schwierigeren Items nicht zu lange aufzuhalten. Nach Abschluss der Papier-Bleistift-Tests wurde die EEG-Haube (64-Kanal-Standard, BrainCap, Brain Products GmbH) angebracht. Insgesamt wurden drei Tasks vorgegeben, während die ERPs abgeleitet wurden. Der erste war ein Test zum verbalen Arbeitsgedächtnis, der zweite ein Test zu sprachlichen Fähigkeiten und zuletzt wurde der visuelle *lexical decision task* vorgegeben. Jeder der drei Tasks wurde standardisiert instruiert. Im *lexical decision task* wurden die Wörter und Pseudowörter in weißer Schrift (Größe: 2 cm) auf schwarzem Hintergrund auf einem Computerbildschirm (19 Zoll) präsentiert. Die UntersuchungsteilnehmerInnen saßen mit einem Abstand von zirka 80 cm vor dem Bildschirm auf einem bequemen Stuhl.

Alle für die Fragestellungen dieser Studie relevanten Verfahren wurden oben näher erläutert. Sobald der letzte EEG-Task absolviert wurde, wurde die EEG-Haube entfernt und die UntersuchungsteilnehmerInnen konnten ihre Haare im selben Raum von der Elektrolyt-Paste reinigen. Die gesamte Testung dauerte insgesamt zwischen 1,5 und 2 Stunden.

2.6 Statistische Hypothesen

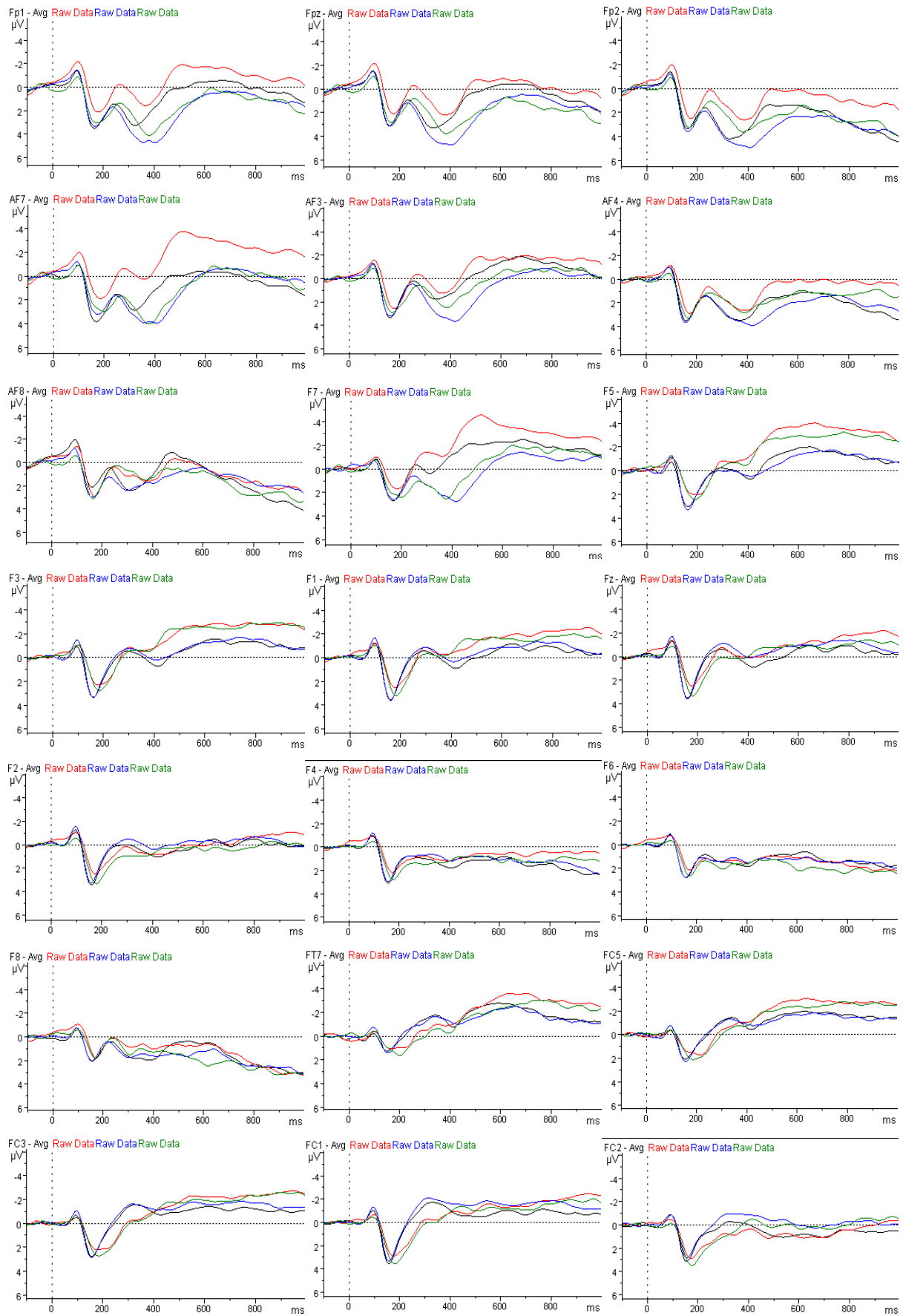
1. Personen der VG erzielten schlechtere Ergebnisse im Subtest „Gleiche Wortbedeutungen“ des WIT-2 im Vergleich zu Personen der KG.
2. Pseudowörter lösen im *lexical decision task* in der VG und KG größere N400-ähnliche Komponenten aus als Wörter. Diese Komponenten werden vor allem zwischen 400 und 800 ms und in den zentralen, temporalen und parietalen Elektroden erwartet.
3. Pseudowörter lösen stärkere N400-ähnliche Komponenten aus als Wörter, allerdings sind diese Komponenten in der VG verglichen mit der KG weniger stark ausgeprägt. Diese Unterschiede zwischen den Gruppen werden vor allem zwischen 200 und 400 ms und in den frontalen und zentralen Elektroden erwartet.

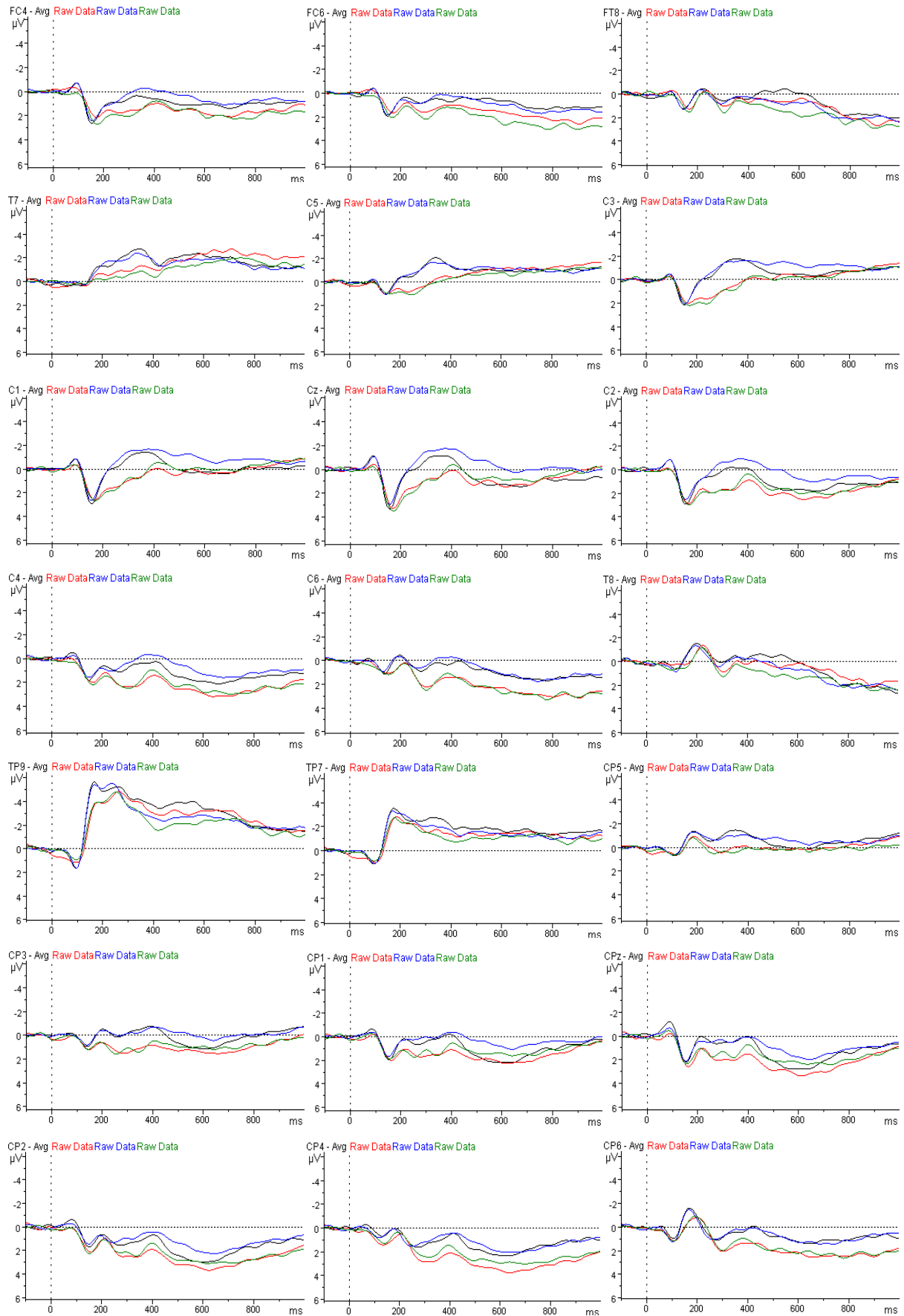
2.7 Statistische Auswertung

Für die Auswertung der EEG-Paradigmen wurde das Programm *BrainVision Analyzer* in der Version 2.0.2 (Brain Products GmbH, 2012) herangezogen. Es wurde ein Filter mit einem *low cutoff* von 0.1 Hertz, einem *high cutoff* von 10 Hertz und einem *notch* von 50 Hertz erstellt und auf alle Daten angewandt. Im Zuge der *Raw Data Inspection* wurden alle Daten manuell auf Artefakte untersucht. Epochen, in denen Störungen bis zu 1000 ms auftraten, wurden, sowie falsche oder fehlende Antworten auf die Stimuli, ausgeschlossen. Es wurden Segmente von 100 ms vor bis 1000 ms nach dem Auftreten der Stimuli über die Epochen, die von Artefakten bereinigt wurden und nur richtige Antworten beinhalteten, gebildet. Diese wurden in einem nächsten Schritt mit einer Baseline von -100 ms korrigiert und anschließend gemittelt, wobei nur UntersuchungsteilnehmerInnen miteinbezogen wurden, bei denen mehr als 30 Trials artefaktfrei sowie richtig beantwortet waren. UntersuchungsteilnehmerInnen, bei denen aufgrund von Artefakten und falschen Antworten weniger als 30 Trials zustande kamen, wurden aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Der Grand Average wurde über die Segmente aller UntersuchungsteilnehmerInnen gebildet. Eine Referenzelektrode, die in der Mittellinie zwischen den Elektroden Fz und Cz positioniert war, wurde abgeleitet. Um zu verhindern, dass die umliegenden Elektroden fehlerhafte Informationen liefern, wurde der Mittelwert aller Elektroden gebildet und anschließend von jeder einzelnen subtrahiert. Dieser Rechenschritt wurde selbstverständlich für die jede Bedingung extra durchgeführt.

Zur statistischen Prüfung der Hypothesen wurde das Programm SPSS Statistics in der Version 21 eingesetzt. Das Signifikanzniveau für alle Ergebnisse betrug $\alpha = .05$. Es sei angemerkt, dass in der vorliegenden Studie aufgrund der *matched samples* abhängige Stichproben vorliegen. Es wurden folgende statistische Verfahren herangezogen: Ein *t*-Test für abhängige

Stichproben zur Prüfung der Hypothese 1 und jeweils eine MANOVA beziehungsweise ANOVAs mit Messwiederholung zur Prüfung der Hypothesen 2 und 3. Im Zuge der Testung der Hypothese 2 wurden die mittleren Aktivitäten der N400-Komponenten als Flächenmaß (in μV) in einem Zeitfenster von 400 bis 800 ms exportiert. In Anlehnung an bisherige Studien beziehungsweise aufgrund der Inspektion der mittleren Aktivitäten der ERPs im Grand Average wurden 31 Elektroden (FT7, FC5, FC1, FC2, FC6, FT8, T7, C5, C3, C1, Cz, C2, C4, C6, T8, TP9, TP7, CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, TP8, TP10, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6) ausgewählt und in die MANOVA miteinbezogen. Weiter wurden die eben genannten Elektroden einer weiteren MANOVA unterzogen, wobei das Ziel darin lag, mögliche signifikante Unterschiede zwischen den Hemisphären zu beleuchten. Die Elektroden der Mittellinie (Cz, CPz, Pz) gingen nicht in die Berechnung mit ein. Die übrigen Elektroden wurden entweder der linken (FT7, FC5, FC1, T7, C5, C3, C1, TP9, TP7, CP3, CP1, P5, P3, P1) oder rechten (FT8, FC6, FC2, T8, C6, C4, C2, TP10, TP8, CP4, CP2, P6, P4, P2) Hemisphäre zugeordnet. Zur Prüfung der Hypothese 3 wurden die mittleren Aktivitäten der N400-Komponente als Flächenmaß (in μV) in einem Zeitfenster von 200 bis 400 ms exportiert und aufgrund der Inspektion dieser ERP-Aktivitäten im Grand Average wurde die Entscheidung für die Bildung von Clustern getroffen. Es wurde ein Mittelwert über die präfrontalen (Fpz, Fp1, Fp2, AF3, AF4), zentralen (FC1, FC2, FC3, FC4, Cz, C1, C2, C3, C4, C5, C6) sowie über die parietalen beziehungsweise okzipitalen (PO3, PO7, PO8, Oz, O1, O2) Elektroden gebildet. Diese drei Cluster wurden einzelnen ANOVAs mit Messwiederholung unterzogen und sofern diese signifikante Ergebnisse zeigten, mittels ANOVAs mit Messwiederholung einzeln nachgetestet. Abbildung 4 zeigt die mittleren Aktivitäten der ERP-Komponenten aller Elektroden im Grand Average. Die schwarze Linie zeigt den Average über die Bedingung Wort in der KG, die rote zeigt den Average über die Bedingung Wort in der VG. Die blaue Linie steht für den Average über die Bedingung Pseudowort in der KG, die grüne steht für dieselbe Bedingung in der VG.





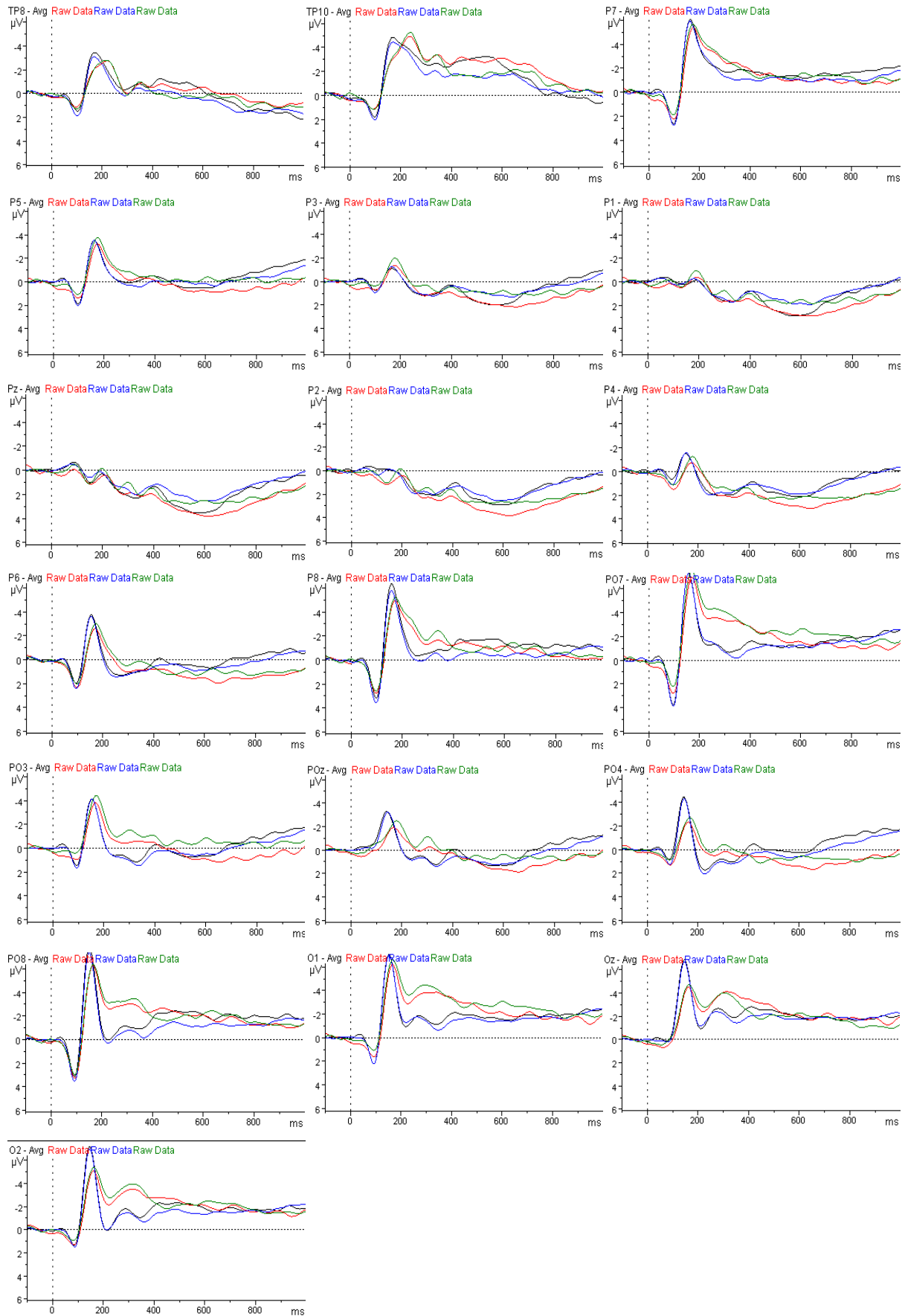


Abbildung 4. Grand Averages der N400-ähnlichen Komponenten in allen Elektroden. Legende: Linie schwarz = Bedingung Wort in der KG, Linie rot = Bedingung Wort in der VG, Linie blau = Bedingung Pseudowort in der KG, Linie grün = Bedingung Pseudowort in der VG.

3 ERGEBNISSE

3.1 Deskriptive Statistik

Unter den 40 Personen, die sich der Studie unterzogen befanden sich insgesamt 18 Männer (neun pro Gruppe) sowie 22 Frauen (elf pro Gruppe). Das Alter der UntersuchungsteilnehmerInnen reichte von 20 bis 60 Jahren (Mittelwert, $MW = 37.63$ und Standardabweichung, folglich mit einem $\pm$ -Zeichen gekennzeichnet = 11.197) und war keinen signifikanten Unterschieden unterworfen ($\chi^2(22) = 21.233, p = .500$).

Das Alter reichte in der VG von 20 bis 60 Jahren (MW des Alters = 37.70 ± 10.892 Jahre). Da die KG in Bezug auf Alter und Geschlecht auf die VG angepasst wurde, ergab sich in dieser Gruppe eine ähnliche Reichweite des Alters von 21 bis 59 Jahren ($MW = 37.55 \pm 11.776$ Jahre).

Die Ergebnisse der Erhebung des Bildungsstandes sind in Tabelle 1 veranschaulicht.

Tabelle 1. Stand der höchsten abgeschlossenen Bildung in der Versuchsgruppe (VG), in der Kontrollgruppe (KG) sowie insgesamt über beide Gruppen.

	Gruppe		
	VG	KG	Gesamt
Volksschule	1	0	1
Hauptschule/Mittelschule/ Polytechnische Schule	11	2	13
AHS/BHS mit Matura	5	9	14
Universität Bachelor	0	2	2
Universität Master/Magister	1	5	6
Universität Doktorat/PhD	0	1	1
Fachhochschule Bachelor	1	1	2
Fachhochschule Master/Magister	1	0	1
	20	20	40

Anhand der Tabelle 1 wird deutlich, dass die VG im Allgemeinen über einen geringeren Bildungsabschluss verfügte als die KG. Dies zeigte sich darin, dass die meisten Personen in der VG einen Abschluss einer Haupt-, Mittel- oder Polytechnischen Schule besaßen, während die Personen der KG zum Großteil einen Abschluss einer allgemein- oder berufsbildenden höheren Schule mit Matura hatten. Bei der Anwendung des χ^2 -Tests nach Pearson zeigte sich, dass das Bildungsniveau zwischen den Gruppen nicht gleichverteilt beziehungsweise signifikanten Unterschieden unterworfen war ($\chi^2(7) = 15.040, p = .035$). Somit stellte die Variable Bildungsniveau eine Störvariable dar. Bezüglich der Erwerbstätigkeit gaben in der VG 13 und in der KG 11 Personen an, berufstätig zu sein. Weiter waren sechs Personen der

VG und zwei Personen der KG nicht berufstätig. Drei Personen der KG befanden sich in einer Ausbildung, darunter ein Student und zwei Personen absolvierten zu diesem Zeitpunkt eine andere Ausbildung. Zudem befanden sich eine Person der VG und vier Personen der KG zugleich in Ausbildung und Berufstätigkeit. Hinsichtlich der Erwerbstätigkeit zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($\chi^2(4) = 6.967, p = .138$). Es gaben alle Personen der VG und KG an, die österreichische Staatsbürgerschaft zu besitzen und als Muttersprache deutsch gelernt zu haben. Bezüglich des aktuellen Familienstandes waren 11 Personen der VG und acht Personen der KG verheiratet und zwei Personen der VG geschieden oder verwitwet. Jeweils drei Personen der VG und zwei der KG gaben an, sich in einer Lebensgemeinschaft zu befinden. Ledig waren vier Personen der VG sowie 10 Personen der KG. Auch hier gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($\chi^2(3) = 5.245, p = .155$).

Bei der Prüfung des Ausschlusskriteriums Sprachverständnis musste keine Person ausgeschlossen werden, da alle UntersuchungsteilnehmerInnen im Test zum Sprachverständnis mindestens 18 von 20 Punkten erreichten. Bei der Auswertung des visuellen *lexical decision task* musste aufgrund linker beziehungsweise uneindeutiger Handpräferenz zwei Personen ausgeschlossen werden. Zudem musste eine Person aufgrund zu vieler Artefakte in den ERP-Komponenten ausgeschlossen werden. Somit wurden in die weiteren Analysen der ERPs beziehungsweise zur Prüfung der zweiten und dritten Hypothese insgesamt 34 Personen miteinbezogen. Bei der Prüfung der ersten Hypothese konnten die Leistungen aller 40 UntersuchungsteilnehmerInnen verwendet werden.

Die Faktoren, die mit der Krankheit Epilepsie in Verbindung stehen können, wurden deskriptiv untersucht. Aufgrund der kleinen, aber heterogenen VG und der nicht sicher zuverlässigen Angaben über die PatientInnen waren diese Werte kaum beziehungsweise nur mit großer Vorsicht zu interpretieren. Der Vollständigkeit und Interesse halber sind die Mittelwerte der erzielten Gedächtnisleistungen in der VG jeweils nach den Faktoren klassifiziert in Tabelle 2 angeführt. Der Mittelwert der KG betrug im Subtest des WIT-2 15.15 mit einer Standardabweichung von 4.511.

Tabelle 2. Mittelwerte der Gedächtnisleistungen im Subtest „Gleiche Wortbedeutungen“ des WIT-2 in der Gruppe der PatientInnen. Die Mittelwerte sind aufgeteilt nach den verschiedenen Faktoren, die mit den Gedächtnisleistungen in Verbindung stehen könnten. Die Abkürzung CPS steht für complex-partial seizures (komplexe partielle Anfälle) und GTC für generalised tonic clonic (generalisierte tonisch-klonische Anfälle). TLE steht für Temporallappenepilepsie. Zusätzlich sind die Korrelationen (Buchstabe r) zwischen den jeweiligen Faktoren und den Gedächtnisleistungen, sowie die p-Werte angegeben.

		N	MW $\pm$ Standardabw.	r	p-Wert
Beginn	früh	5	6.20 $\pm$ 2.683	.372	.106
	spät	15	10.20 $\pm$ 5.017		
Dauer	kurz	8	9.63 $\pm$ 5.423	.005	.984
	mittel	6	8.17 $\pm$ 4.956		
	lang	6	9.67 $\pm$ 4.546		
Art	nicht-läsionell	10	8.70 $\pm$ 4.572	.296	.284
	strukturell	5	12.00 $\pm$ 4.950		
CPS	selten	1	7.00 $\pm$ 0	-.032	.906
	mittel	3	10.67 $\pm$ 6.658		
	häufig	12	9.42 $\pm$ 5.213		
GTC	selten	8	6.88 $\pm$ 4.190	.291	.312
	mittel	4	8.50 $\pm$ 5.323		
	häufig	2	10.00 $\pm$ 1.414		
Lokalisation	links	8	10.75 $\pm$ 5.600	-.398	.114
	rechts	9	6.78 $\pm$ 3.598		
TLE	links	5	8.60 $\pm$ 5.771		
	rechts	5	6.60 $\pm$ 2.302		

Bei der Betrachtung der Mittelwerte in Tabelle 2 wird ersichtlich, dass PatientInnen mit einem frühen Beginn der Epilepsie im Durchschnitt schlechtere Ergebnisse erbrachten als jene mit spätem Beginn. Im Hinblick auf die Dauer der Epilepsie variierten die erbrachten Leistungen kaum, wobei Personen mit mittellanger Dauer den kleinsten Mittelwert aufwiesen verglichen mit jenen kurzer und langer Dauer. PatientInnen, die an einer nicht-läsionellen Epilepsie litten, erbrachten durchschnittlich geringfügig schlechtere Leistungen im semantischen Gedächtnistask als PatientInnen mit einer strukturellen Epilepsie. Bezüglich der Anfallshäufigkeit waren die Leistungen jener PatientInnen, die selten Anfälle erlitten am niedrigsten im Vergleich zu jenen, bei welchen die Anfälle mittel häufig oder häufig auftraten. Vergleicht man die Mittelwerte bei PatientInnen, bei welchen die Epilepsie links diagnostiziert wurde mit jenen mit dem Anfallsfokus in der rechten Hemisphäre, erbrachten erst genannte im Mittel schlechtere Leistungen. Ebenso schnitten die PatientInnen, bei denen der Fokus der Temporallappenepilepsie links lag, schlechter ab als PatientInnen mit dem Anfallsfokus im rechten Temporallappen.

Es konnten keine signifikanten Korrelationen zwischen diesen Faktoren und den Gedächtnisleistungen im Test zum verbalen Langzeitgedächtnis gefunden werden, wie aus Tabelle 2 ersichtlich wird.

Außerdem konnten in der gesamten Stichprobe keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Alter ($r = -.005, p = .976$) beziehungsweise Geschlecht ($r = .075, p = .644$) und der verbalen Langzeitgedächtnisleistung gefunden werden. Im Einzelnen bestanden ebenso keine signifikanten Korrelationen zwischen dem Alter und dem verbalen Langzeitgedächtnis bei Personen der KG ($r = -.154, p = .516$) wie auch bei Personen der VG ($r = -.240, p = .309$) und zwischen dem Geschlecht und dem verbalen Langzeitgedächtnis in der KG ($r = .145, p = .541$) und in der VG ($r = .039, p = .872$).

Tabelle 3. Alle Personen der VG mit Diagnosen, Anzahl der richtig gelösten Aufgaben im Subtest „Gleiche Wortbedeutungen“ des WIT-2 und Anzahl der richtig erkannten Wörter und Pseudowörter im lexical decision task.

Code	Diagnose	WIT-2	<i>lexical decision task</i>	
			Wort	Pseudowort
VP07	Nicht-läsionelle Epilepsie (temporal links, Differentialdiagnose: bitemporal)	13	45	47
VP14	Nicht-läsionelle Epilepsie (temporal)	9	47	48
VP15	Nicht-läsionelle Epilepsie (zentral rechts)	2	46	48
VP19	Epilepsie (mesial temporal links)	5	47	44
VP20	Nicht-läsionelle Epilepsie (temporal rechts)	9	47	47
VP21	Strukturelle Epilepsie (temporal rechts)	16	48	48
VP22	Strukturelle Epilepsie (frontal links)	11	47	45
VP23	Nicht-läsionelle Epilepsie (temporal rechts)	4	46	48
VP24	Strukturelle Epilepsie (temporal rechts)	9	48	38
VP25	Nicht-läsionelle Epilepsie (zentro-parietal rechts)	12	46	47
VP26	Epilepsie (mesial temporal rechts)	5	48	48
VP27	Nicht-läsionelle Epilepsie (temporal rechts)	14	46	45
VP28	Epilepsie (mesial temporal links)	2	46	46
VP29	Epilepsie (frontal rechts)	11	48	48
VP30	Nicht-läsionelle Epilepsie (rechts)	3	46	48
VP31	Strukturelle Epilepsie (fronto-lateral links)	18	47	48
VP32	Strukturelle Epilepsie (temporal rechts)	6	47	39
VP33	Nicht-läsionelle Epilepsie (links)	14	44	46
VP34	Nicht-läsionelle Epilepsie (temporal links)	7	47	46
VP35	fokale Epilepsie (Lokalisation unklar)	14	44	47

Tabelle 4. Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten in der VG in aufgrund der Inspektion der N400-ähnlichen Komponenten im Grand Average ausgewählten Elektroden zwischen 400 bis 800 ms.

Code	Fp1		P3	
	Wort	Pseudowort	Wort	Pseudowort
VP07	Ausschluss aus EEG			
VP14	-0.184	-2.443	0.784	0.966
VP15	0.474	0.192	1.630	1.271
VP19	9.398	9.219	-1.726	-1.411
VP20	Ausschluss aus EEG			
VP21	1.404	2.867	2.844	0.756
VP22	-4.015	-4.043	2.778	3.003
VP23	-39.064	-36.611	11.192	10.277
VP24	3.774	7.356	-0.851	-2.577
VP25	-5.019	-5.489	-0.375	-0.406
VP26	-1.570	2.020	1.221	-1.892
VP27	Ausschluss aus EEG			
VP28	-0.450	2.014	-0.790	-2.675
VP29	-2.234	-6.718	5.610	2.836
VP30	-0.144	1.365	1.685	-1.176
VP31	2.491	-2.364	0.067	0.958
VP32	-0.750	0.893	3.144	-0.049
VP33	-2.945	-1.597	-0.448	2.107
VP34	4.428	3.838	1.198	-0.083
VP35	-2.515	-5.953	2.060	2.775

3.2 Hypothesenprüfung

3.2.1 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses

Um zu prüfen, ob sich Personen mit und ohne Epilepsie in ihrem verbalen Langzeitgedächtnis unterscheiden, wurde ein Verfahren zum Mittelwertsvergleich eingesetzt. Die Voraussetzungen für den *t*-Test für abhängige Stichproben, das Vorliegen metrischer Variablen sowie die Normalverteilung der Differenzen ($p = .193$) waren gegeben.

Hier wurde ein signifikanter Unterschied zwischen der VG und KG gefunden ($t(19) = -3.722$, $p = .001$). Die KG ($MW = 15.15 \pm 4.511$) erbrachte insgesamt bessere Leistungen im Test zum verbalen Langzeitgedächtnis als die VG ($MW = 9.20 \pm 4.819$).

Da das Bildungsniveau mit der verbalen Langzeitgedächtnisleistung der gesamten Stichprobe korrelierte ($r = .647$, $p = <.001$), wurden ebenso die nach Alter und Bildung normierten *z*-Werte zur Berechnung der Mittelwertsunterschiede herangezogen.

Da die Voraussetzungen, das Vorliegen metrischer Variablen und die Normalverteilung der Differenzen ($t(19) = -3.303$, $p = .200$) gegeben waren, wurde ein t -Test für abhängige Stichproben verwendet. Auch hier zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p = .004$), wobei die KG ($MW = 0.290 \pm 1.139$) besser abschnitt als die VG ($MW = -.930 \pm 1.025$). Allerdings sei angemerkt, dass keine signifikanten Korrelationen zwischen dem Bildungsniveau und den verbalen Langzeitgedächtnisleistungen in der KG ($r = .201$, $p = .395$) sowie in der VG ($r = .427$, $p = .060$) im Einzelnen gefunden wurden.

Die erste Hypothese konnte folglich bestätigt werden. Es bestehen signifikante Unterschiede in den Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses von Personen mit und ohne Epilepsie bestehen. Personen mit Epilepsie erzielten signifikant schlechtere Ergebnisse im Test zum verbalen Langzeitgedächtnis.

3.2.2 Größere N400-ähnliche Komponenten bei Pseudowörtern

Um zu prüfen, ob Pseudowörter in der gesamten Stichprobe eine größere N400-Komponenten zwischen 400 und 800 ms in zentralen, temporalen und beziehungsweise oder parietalen Regionen hervorrufen als Wörter, wurden die in Kapitel 2.7 genannten Elektroden einer MANOVA mit Messwiederholung unterzogen. Da die Sphärizität in dem Faktor Lokalisation nicht gegeben war und somit die Voraussetzungen für eine MANOVA verletzt wurden, wurden die Werte nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Es wurden signifikante Haupteffekte der Bedingung ($F(1) = 5.337$, $p = .027$) sowie der Lokalisation ($F(2.873) = 17.181$, $p < .001$) gefunden. Darüber hinaus zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Bedingung und Lokalisation ($F(3.257) = 5.793$, $p = .001$), welche in Abbildung 5 veranschaulicht ist. Diese Graphik zeigt, dass in den zentralen und parietalen Elektroden die angenommenen größeren N400-ähnlichen Komponenten bei Pseudowörtern auftreten. Im Gegensatz dazu sind anhand der Graphik größere N400-ähnliche Komponenten bei Wörtern in den temporalen Elektroden zu beobachten.

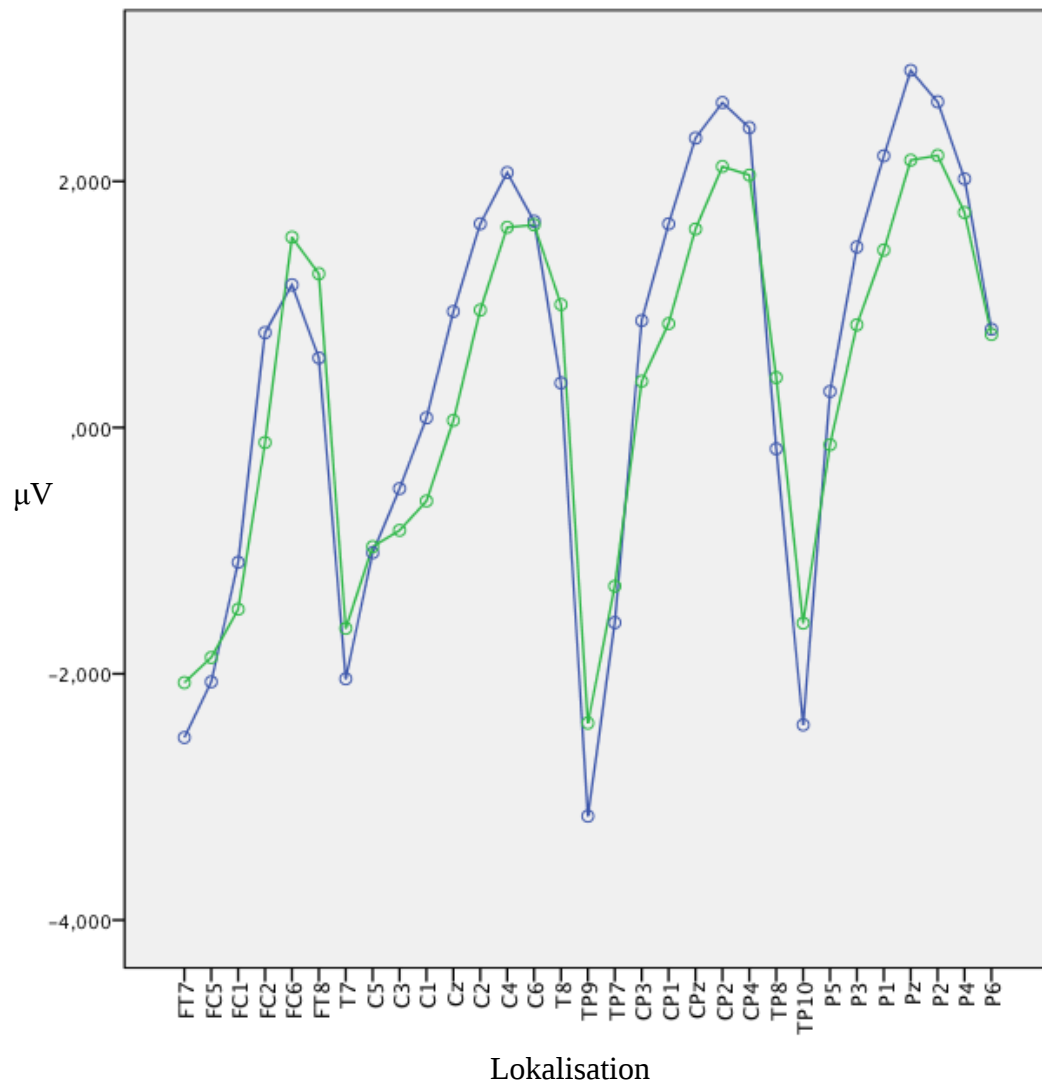


Abbildung 5. Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten zwischen 400 und 800 ms. Auf der horizontalen Achse sind die in die MANOVA miteinbezogenen Elektroden aufgetragen, auf der vertikalen Achse die mittlere Aktivität der N400-ähnlichen Komponenten in Mikrovolt. Die blaue Linie kennzeichnet die Bedingung Wort, die grüne Linie die Bedingung Pseudowort.

In einer weiteren Analyse, in der getrennte ANOVAs für die in die MANOVA miteinbezogenen Elektroden durchgeführt wurden, zeigten sich in 18 der 31 Elektroden signifikante Unterschiede zwischen Wörtern und Pseudowörtern. Die Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten sind für alle 31 Elektroden zur besseren Übersicht in Tabelle 4 angeführt.

Tabelle 5. Ergebnisse der Prüfung auf Unterschiede zwischen den Bedingungen in der N400-ähnlichen Komponenten zwischen 400 und 800 ms. Für alle Lokalisationen sind Mittelwert, Standardabweichung, F- und p-Wert angegeben. Der Freiheitsgrad (df) betrug bei allen Elektroden 1.

Lokalisation	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		F-Wert	p-Wert
	Wort	Pseudowort		
FT7	-2.517 $\pm$ 2.315	-2.071 $\pm$ 2.159	2.155	.063
FC5	-2.065 $\pm$ 1.746	-1.867 $\pm$ 1.424	0.894	.351
FC1	-1.094 $\pm$ 2.674	-1.476 $\pm$ 2.654	3.202	.083
FC2	0.771 $\pm$ 2.159	-0.121 $\pm$ 2.658	11.064*	.002
FC6	1.159 $\pm$ 1.567	1.546 $\pm$ 1.496	5.379*	.027
FT8	0.566 $\pm$ 1.976	1.249 $\pm$ 2.004	8.012*	.008
T7	-2.041 $\pm$ 1.781	-1.631 $\pm$ 2.016	2.775	.106
C5	-1.017 $\pm$ 1.590	-0.967 $\pm$ 1.568	0.116	.735
C3	-0.496 $\pm$ 2.444	-0.834 $\pm$ 2.521	3.822	.059
C1	0.079 $\pm$ 2.975	-0.596 $\pm$ 3.107	9.369*	.004
Cz	0.943 $\pm$ 3.195	0.582 $\pm$ 3.621	13.161*	.001
C2	1.655 $\pm$ 2.734	0.955 $\pm$ 2.915	12.045*	.002
C4	2.071 $\pm$ 2.000	1.627 $\pm$ 2.198	8.939*	.005
C6	1.676 $\pm$ 1.744	1.647 $\pm$ 1.565	0.048	.828
T8	0.362 $\pm$ 1.980	1.000 $\pm$ 2.053	9.906*	.004
TP9	-3.156 $\pm$ 3.244	-2.400 $\pm$ 2.940	4.448*	.043
TP7	-1.584 $\pm$ 1.983	-1.288 $\pm$ 2.041	1.285	.265
CP3	0.869 $\pm$ 2.483	0.376 $\pm$ 2.591	7.732*	.009
CP1	1.654 $\pm$ 2.803	0.844 $\pm$ 3.003	13.213*	.001
CPz	2.351 $\pm$ 3.182	1.613 $\pm$ 3.224	10.850*	.002
CP2	2.639 $\pm$ 2.670	2.120 $\pm$ 2.799	4.106	.051
CP4	2.436 $\pm$ 2.412	2.050 $\pm$ 2.255	3.637	.066
TP8	-0.172 $\pm$ 2.947	0.406 $\pm$ 2.887	7.207*	.008
TP10	-2.415 $\pm$ 3.568	-1.588 $\pm$ 3.342	6.360*	.017
P5	0.294 $\pm$ 2.429	-0.139 $\pm$ 2.413	4.381*	.044
P3	1.467 $\pm$ 2.536	0.834 $\pm$ 2.653	6.977*	.013
P1	2.208 $\pm$ 2.787	1.442 $\pm$ 2.919	9.353*	.004
Pz	2.901 $\pm$ 2.969	2.172 $\pm$ 2.937	6.646*	.015
P2	2.646 $\pm$ 2.729	2.210 $\pm$ 2.682	2.833	.099
P4	2.020 $\pm$ 2.742	1.747 $\pm$ 2.607	0.981	.329
P6	0.798 $\pm$ 3.140	0.756 $\pm$ 2.670	0.025	.875

Anmerkung: * $p < .05$

Aus den Ergebnissen der einzelnen ANOVAs ging hervor, dass Elektroden, die zentralen (FC2, C1, Cz, C2, C4) und parietalen (CP3, CP1, CPz, CP2, CP4, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6) Regionen zugehörig sind, signifikant größere N400-ähnliche Komponenten bei Pseudowörtern aufwiesen als bei Wörtern. In den temporalen Elektroden (FC6 FT8, T8, TP8, TP9, TP10) hingegen lösten Wörter signifikant größere N400-ähnliche Komponenten aus als Wörter.

In den Elektroden FC1 ($F(1) = 5.214, p = .029$), C3 ($F(1) = 5.063, p = .031$) und Cz ($F(1) = 4.205, p = .049$) zeigten sich zudem signifikante Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Bedingung und Gruppe. Aus den Interaktionsdiagrammen sowie den Mittelwerten ging hervor, dass in der Elektrode FC1 in der KG stärkere Unterschiede zwischen Wörtern ($MW = -0.806 \pm 2.974$) und Pseudowörtern ($MW = -1.675 \pm 2.886$) bestehen als in der VG (Wort: $MW = -1.383 \pm 2.394$, Pseudowort: $MW = -1.278 \pm 2.472$). Aus dem Diagramm, welches zum besseren Verständnis in Abbildung 6 veranschaulicht ist, und aus den Mittelwerten ging hervor, dass die Unterschiede zwischen den Bedingungen in den einzelnen Gruppen in verschiedene Richtungen gingen. Pseudowörter lösten in der KG deutlich mehr N400-ähnliche Komponenten aus als Wörter. In der VG schien dies umgekehrt zu sein, wenn auch nicht besonders stark.

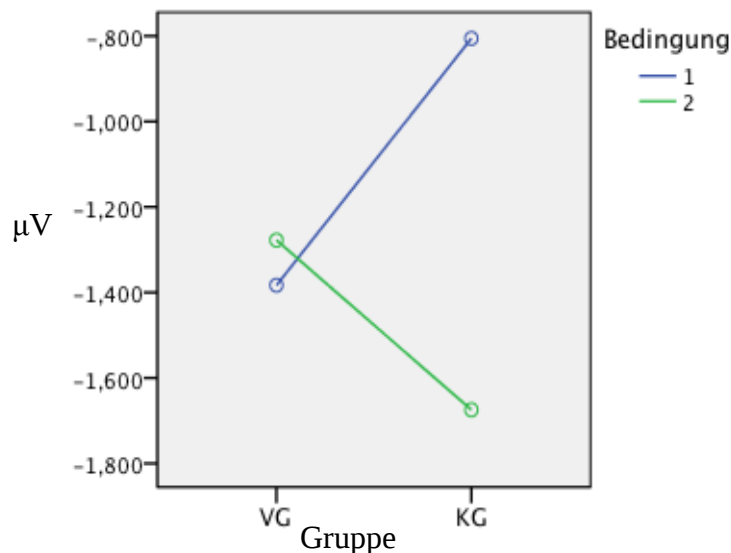


Abbildung 6. Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten in den beiden Gruppen zwischen 400 und 800 ms in der Elektrode FC1. Auf der horizontalen Achse sind die beiden Gruppen angeführt, auf der vertikalen Achse die mittlere Aktivität in Mikrovolt. Die blaue Linie kennzeichnet die Bedingung Wort, die grüne Linie die Bedingung Pseudowort.

Ähnlich verhielt sich die Interaktion zwischen den Faktoren Bedingung und Gruppe in der Elektrode C3, welche in Abbildung 7 angeführt ist. Auch hier lösten Pseudowörter ($MW = -1.362 \pm 2.465$) in der KG eindeutig größere N400-ähnliche Komponenten aus als Wörter ($MW = -0.634 \pm 2.435$). In der VG waren kaum Unterschiede zwischen den Bedingungen zu erkennen, wobei Wörter ($MW = -0.357 \pm 2.520$) etwas größere N400-ähnliche Komponenten hervorriefen als Pseudowörter ($MW = -0.306 \pm 2.538$).

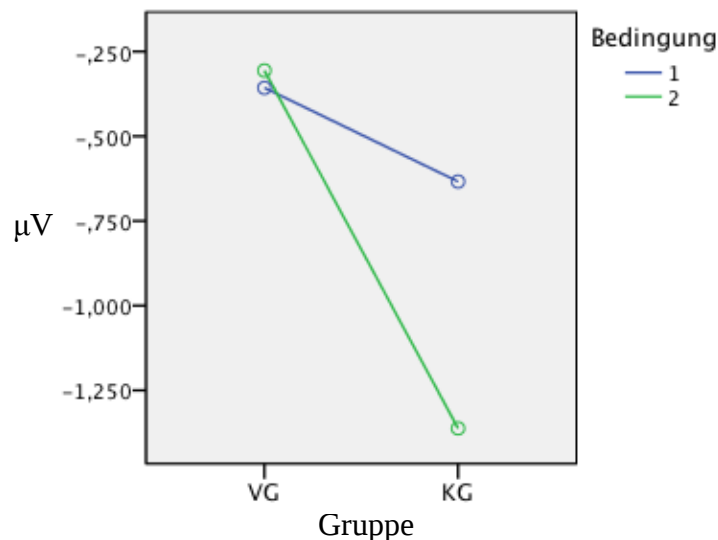


Abbildung 7. Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten in den beiden Gruppen zwischen 400 und 800 ms in der Elektrode C3. Auf der horizontalen Achse sind die beiden Gruppen angeführt, auf der vertikalen Achse die mittlere Aktivität in Mikrovolt. Die blaue Linie kennzeichnet die Bedingung Wort, die grüne Linie die Bedingung Pseudowort.

In der Cz gingen die Unterschiede zwischen den Bedingungen in beiden Gruppen zwar in dieselbe Richtung, indem Pseudowörter größere N400-ähnliche Komponenten hervorriefen als Wörter. In der KG äußerten sich diese Unterschiede zwischen Wörtern ($MW = 0.911 \pm 2.994$) und Pseudowörtern ($MW = -0.474 \pm 3.432$) allerdings stärker als in der VG (Wort: $MW = 0.975 \pm 3.477$, Pseudowort: $MW = 0.590 \pm 3.829$). Das Interaktionsdiagramm ist zur Übersicht in Abbildung 8 angeführt.

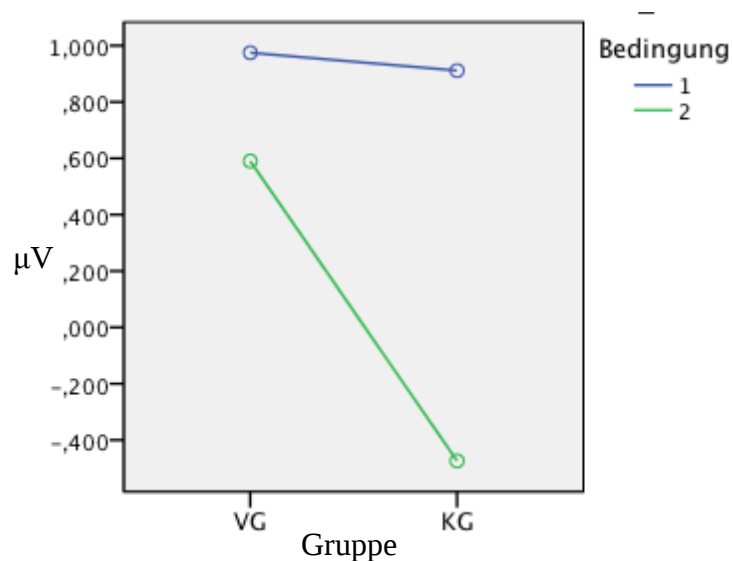


Abbildung 8. Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten in den beiden Gruppen zwischen 400 und 800 ms in der Elektrode Cz. Auf der horizontalen Achse sind die beiden Gruppen angeführt, auf der vertikalen Achse die mittlere Aktivität in Mikrovolt. Die blaue Linie kennzeichnet die Bedingung Wort, die grüne Linie die Bedingung Pseudowort.

Die zweite Hypothese konnte in den zentralen und parietalen Elektroden bestätigt werden, da Pseudowörter zwischen 400 und 800 ms in diesen Bereichen signifikant größere N400-ähnliche Komponenten hervorriefen als Wörter. In den temporalen Elektroden trat der erwartete Effekt nicht auf, allerdings zeigten sich dennoch signifikante Unterschiede zwischen Wörtern und Pseudowörtern. Diese Effekte werden im Kapitel 4 diskutiert.

3.2.2.1 Unterschiede in den mittleren Aktivitäten der N400-ähnlichen Komponenten zwischen den Hemisphären

Wie in Kapitel 2.7 erwähnt, wurden die 31 Elektroden einer weiteren MANOVA einer weiteren Berechnung unterzogen, um mögliche signifikante Unterschiede zwischen den Hemisphären feststellen zu können. Da die Voraussetzung der Sphärizität wieder nicht gegeben war, wurden die Werte nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Neben den signifikanten Haupteffekten der Faktoren Lokalisation ($F(2.142) = 12.599, p < .001$) und Hemisphäre ($F(1) = 53.301, p < .001$), zeigten sich auch Wechselwirkungen zwischen der Bedingung und der Lokalisation ($F(2.227) = 6.650, p = .002$) sowie zwischen der Lokalisation und der Hemisphäre ($F(3.510) = 17.051, p < .001$). Von größerer Bedeutung war in der durchgeführten MANOVA allerdings die signifikante Interaktion zwischen Bedingung, Lokalisation und Hemisphäre ($F(5.450) = 2.296, p = .042$). Die Interaktionsdiagramme sind

zum besseren Verständnis in Abbildung 9 und 10 für die linke und rechte Hemisphäre getrennt veranschaulicht.

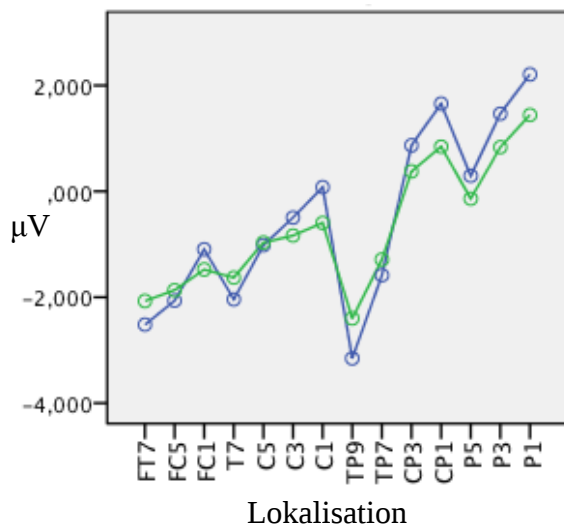


Abbildung 9. Linke Hemisphäre: Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten zwischen 400 und 800 ms. Auf der horizontalen Achse sind die in die MANOVA miteinbezogenen Elektroden aufgetragen, auf der vertikalen Achse die mittlere Aktivität der N400-ähnlichen Komponenten in Mikrovolt. Die blaue Linie kennzeichnet die Bedingung Wort, die grüne die Bedingung Pseudowort.

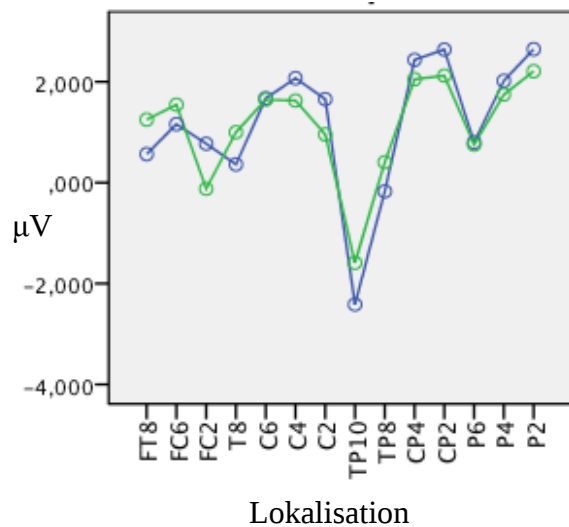


Abbildung 10. Rechte Hemisphäre: Mittelwerte der N400-ähnlichen Komponenten zwischen 400 und 800 ms. Auf der horizontalen Achse sind die in die MANOVA miteinbezogenen Elektroden aufgetragen, auf der vertikalen Achse die mittlere Aktivität der N400-ähnlichen Komponenten in Mikrovolt. Die blaue Linie kennzeichnet die Bedingung Wort, die grüne die Bedingung Pseudowort.

Aus diesen Abbildungen geht hervor, dass beide Bedingungen in der linken Hemisphäre signifikant größere N400-ähnliche Komponenten auslösten als in der rechten Hemisphäre. In der zweiten Hypothese zeigte sich allerdings, dass die Unterschiede zwischen den Bedingungen nicht in allen Elektroden dieselbe Richtung aufwiesen. Es zeigte sich in beiden Hemisphären, dass in den temporalen Elektroden größere N400-Komponenten durch Wörter und in den zentralen und parietalen größere N400-ähnliche Komponenten durch Pseudowörter hervorgerufen wurde.

3.2.3 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den N400-ähnlichen Komponenten

Um zu prüfen, ob sich Personen mit und ohne Epilepsie signifikant voneinander unterscheiden, wurden die mittleren Aktivitäten der in Kapitel 2.7 genannten Elektroden zwischen 200 und 400 ms einer MANOVA mit Messwiederholung unterzogen. Aufgrund der heterogenen Daten und der daraus resultierenden Standardabweichungen wurden die Elektroden in kleine Gruppen eingeteilt. Auch hier wurden die Werte nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen konnte nur im Cluster mit den zentralen Elektroden gefunden werden ($F(1) = 4.364, p = .045$). In der VG waren die mittleren Amplituden in beiden Bedingungen positiv (Wort: $MW = 0.596 \pm 1.612$, Pseudowort: $MW = 0.429 \pm 1.825$), in der KG im Mittel negativ ausgeprägt (Wort: $MW = -0.392 \pm 1.623$, Pseudowort: $MW = -0.937 \pm 1.594$). Zudem zeigte sich in dieser Elektrodengruppe ein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen ($F(1) = 13.689, p = .001$). Pseudowörter ($MW = -0.254 \pm 1.824$) riefen in der gesamten Stichprobe signifikant größere N400-ähnliche Komponenten hervor als Wörter ($MW = 0.102 \pm 1.670$). Weder im Cluster mit den präfrontalen ($F(1) = 1.061, p = .311$) noch in jenem mit den parietalen beziehungsweise okzipitalen ($F(1) = 2.140, p = .153$) Elektroden zeigten sich signifikante Unterschiede. Mögliche Gründe wurden in Kapitel 4 diskutiert.

Aufgrund der signifikanten Haupteffekte im Cluster der zentralen Elektroden wurden diese mittels einzelner ANOVAs mit Messwiederholung nachgetestet. Die einzelnen Elektroden mit ihren Kennwerten sind in Tabelle 6 aufgelistet. Darüber hinaus konnte in der Elektrode FC4 ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen den Faktoren Bedingung und Gruppe gezeigt werden ($F(1) = 4.504, p = .042$). Aus diesem ging hervor, dass Pseudowörter im Vergleich zu Wörtern in der KG (Wort: $MW = 0.639 \pm 1.890$, Pseudowort: $MW = 0.050 \pm 1.884$) signifikant größere N400-ähnliche Komponenten auslösten als in der VG (Wort: $MW = 1.318 \pm 1.440$, Pseudowort: $MW = 1.295 \pm 1.648$).

Tabelle 6. Ergebnisse der Prüfung auf Unterschiede in den N400-ähnlichen Komponenten zwischen den Gruppen zwischen 200 und 400 ms. Alle Elektroden sind mit den Mittelwerten für die Bedingungen und Gruppen angegeben. Zusätzlich sind F-Werte, wobei der Freiheitsgrad immer 1 beträgt, und p-Werte für die Gruppenunterschiede angegeben.

Lokalisation	Bedingung	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung		F-Wert	p-Wert
		VG	KG		
FC1	Wort	-0.611 $\pm$ 1.869	-1.097 $\pm$ 2.469	0.896	.351
	Pseudowort	-0.716 $\pm$ 2.239	-1.704 $\pm$ 2.634		
FC2	Wort	0.738 $\pm$ 2.017	0.147 $\pm$ 2.100	0.966	.333
	Pseudowort	0.123 $\pm$ 2.780	-0.785 $\pm$ 2.223		
FC3	Wort	-0.913 $\pm$ 1.184	-1.100 $\pm$ 1.976	0.286	.597
	Pseudowort	-0.937 $\pm$ 1.128	-1.306 $\pm$ 1.800		
FC4	Wort	1.318 $\pm$ 1.440	0.639 $\pm$ 1.888	3.147	.086
	Pseudowort	1.295 $\pm$ 1.648	-0.050 $\pm$ 1.884		
Cz	Wort	0.647 $\pm$ 3.241	-0.491 $\pm$ 2.497	1.987	.168
	Pseudowort	0.342 $\pm$ 3.520	-1.449 $\pm$ 2.930		
C1	Wort	0.393 $\pm$ 2.672	-0.909 $\pm$ 2.733	2.382	.133
	Pseudowort	0.565 $\pm$ 2.908	-1.488 $\pm$ 2.621		
C2	Wort	1.495 $\pm$ 2.984	0.277 $\pm$ 2.179	2.824	.103
	Pseudowort	1.149 $\pm$ 2.857	-0.631 $\pm$ 2.475		
C3	Wort	0.186 $\pm$ 1.951	-1.312 $\pm$ 2.485	4.654*	.039
	Pseudowort	0.212 $\pm$ 2.012	-1.478 $\pm$ 2.282		
C4	Wort	1.988 $\pm$ 2.112	0.639 $\pm$ 1.692	6.080*	.019
	Pseudowort	1.732 $\pm$ 2.081	-0.029 $\pm$ 1.535		
C5	Wort	-0.397 $\pm$ 1.216	-1.433 $\pm$ 2.103	4.136*	.050
	Pseudowort	-0.240 $\pm$ 1.013	-1.354 $\pm$ 1.825		
C6	Wort	1.715 $\pm$ 1.483	0.333 $\pm$ 1.643	10.199*	.003
	Pseudowort	1.703 $\pm$ 1.162	-0.034 $\pm$ 1.554		

Anmerkung: * $p < .05$

Die dritte Hypothese konnte im zentralen Bereich teilweise bestätigt werden. Die N400-ähnlichen Komponenten waren zwischen 200 und 400 ms in der KG stärker ausgeprägt als in der VG. In den präfrontalen wie auch parietalen beziehungsweise okzipitalen Regionen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie gezeigt werden.

4 INTERPRETATION UND DISKUSSION

4.1 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses

Die vorliegende Studie zeigt signifikante Unterschiede in dem Task zum semantischen Gedächtnis zwischen Personen mit und ohne Epilepsie. EpilepsiepatientInnen erzielen signifikant schlechtere Leistungen als gesunde Kontrollpersonen. Die Erfassung des semantischen Gedächtnisses erfolgte durch die Prüfung des Abrufs von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, wobei ein Wort-Bedeutungs-Task eingesetzt wurde. Dass EpilepsiepatientInnen schlechtere Ergebnisse in semantischen Gedächtnistasks, bei denen verbales Material eingesetzt wurde, erzielen, konnte in zahlreichen vergangenen Studien gezeigt werden (z. B. Cronel-Ohayon et al., 2002; Giovagnoli et al., 2005; Lambon-Ralph et al., 2012; Mameniskiene et al., 2006; Messas et al., 2008).

Es wird gezeigt, dass die Gedächtnisleistungen von EpilepsiepatientInnen von vielen Faktoren beeinflusst werden könnte, wie beispielsweise Anfallshäufigkeit (Mameniskiene et al., 2006; O'Connor et al., 1997). In der der Studie unterzogenen VG variiert die Anfallshäufigkeit stark zwischen selten, mittel und häufig, wobei über sechs Personen darüber überhaupt keine Angaben vorhanden sind. Ähnlich ist dies im Hinblick auf den Beginn der Epilepsie der Fall. Bell et al. (2001) oder Lespinet et al. (2002) zeigen einen Zusammenhang zwischen einem frühen Beginn der Epilepsie und schlechteren Gedächtnisleistungen. In der vorliegenden Studie weisen nur fünf PatientInnen einen frühen, 15 jedoch einen späten Beginn auf. Es ist nicht zulässig, die schlechteren Gedächtnisleistungen im Subtest „Gleiche Wortbedeutungen“ nur mit dem frühen oder späten Beginn in Verbindung zu bringen. Werden die Mittelwerte der Gedächtnisleistungen jener Personen mit frühem Beginn mit jenen mit spätem Beginn deskriptiv verglichen, wird ersichtlich, dass die Gruppe mit dem späten Beginn einen deutlich höheren Mittelwert aufweist. Dieses Ergebnis könnte somit frühere Studien, die davon ausgehen, dass ein früher Beginn der Erkrankung mit schlechteren Gedächtnisleistungen einhergeht als ein später Beginn, bestätigen. Äikiä et al. (2001) postulieren, dass die längere Dauer der Krankheit einen Einfluss auf die Leistungen des semantischen Gedächtnisses ausübt. Auch über den Zusammenhang dieses Faktors und den Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses können nur Spekulationen angestellt werden. In der VG weisen acht PatientInnen eine kurze (kürzer als 15 Jahre), sechs PatientInnen eine mittlere (zwischen 15 und 30 Jahren) und sechs PatientInnen eine lange (länger als 30 Jahre) auf, wobei diese Daten logischerweise aus dem breit gefächertem Alter resultieren und somit ebenfalls Probleme

beim Vergleichen bringen. Hier zeigen die Mittelwerte ohnehin kaum unterschiedliche Werte. PatientInnen bei welchen eine nicht-läsionelle Epilepsie vorliegt, weisen einen niedrigeren Mittelwert auf als jene mit einer strukturellen. Überraschenderweise sind die Mittelwerte unter den Personen, die selten Anfälle erleiden niedriger als jene mit mittel häufigen und häufigen Anfälle. Alle PatientInnen erhielten zum Zeitpunkt der Testung Medikamente. Diese können ebenfalls einen Einfluss auf die Gedächtnisleistung haben (Jokeit, Krämer & Ebner, 2005; Motamedi & Meador, 2004). Wie bereits erwähnt wurde allerdings vom AKH Wien darauf geachtet, dass eher Medikamente eingesetzt werden, von denen keine gravierenden kognitiven Nebenwirkungen bekannt sind. Bezüglich des Alters der PatientInnen zeigt sich keine signifikante Korrelation mit der Gedächtnisleistung in dieser Studie. Lespinet et al. (2002) und Mameniskiene et al. (2006) stellen in ihren Studien einen solchen Zusammenhang fest. Viele Studien nennen außerdem die Lateralität als wichtigen Einflussfaktor, indem Personen mit epileptogenem Fokus im linken Temporallappen schlechter in semantischen Gedächtnistasks abschneiden als jene mit dem Fokus im rechten Temporallappen wie auch gesunden Personen (Blake et al., 2000; Giovagnoli, 2005; Giovagnoli et al., 2005; Gleissner & Elger, 2001). Deskriptiv betrachtet zeigt sich in dieser Studie ein umgekehrter Unterschied, da Personen mit rechter Temporallappenepilepsie höhere Werte erreichen als Personen mit dem epileptogenen Fokus in der linken Hemisphäre. Die genaue Lateralität der Temporallappenepilepsie kann allerdings nur bei 10 Personen zugeordnet werden, somit ergibt dies pro Hemisphäre fünf PatientInnen.

Aus dieser heterogenen VG im Hinblick auf die Faktoren wie Anfallshäufigkeit, Dauer und Beginn der Erkrankung sowie die Art der Epilepsie resultiert jedoch im Allgemeinen das Problem, keine Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren und der Gedächtnisleistungen eruieren zu können. Die Mittelwerte können zum besseren Verständnis herangezogen werden, müssen aber mit äußerster Vorsicht interpretiert werden.

4.2 Größere N400-ähnliche Komponenten bei Pseudowörtern

In der gesamten Stichprobe können im visuellen *lexical decision task* signifikante Unterschiede zwischen den Wörtern und Pseudowörtern in den N400-ähnlichen Komponenten zwischen 400 und 800 ms gefunden werden. Dieser signifikante Unterschied äußert sich darin, dass Pseudowörter größere N400-Komponenten auslösen als Wörter. Diese erwarteten negativen Effekte bei Pseudowörtern treten in den zentralen und parietalen Elektroden auf. In temporalen Regionen lösen Wörter signifikant größere N400-ähnliche Komponenten als Pseudowörter aus.

Aufgrund der signifikanten Ergebnisse ist anzunehmen, dass sich *lexical decision tasks* beziehungsweise die Prüfung der Entscheidung zwischen Wörtern und Pseudowörtern gut eignen, um semantisches Wissen zu prüfen, wie bereits in einer früheren Studie gezeigt wurde (Frishkoff et al., 2009).

Viele Studien liefern Beweise dafür, dass Pseudowörter signifikant N400-Komponenten aufweisen als Wörter (z. B. Federmeier et al., 2000; Friedrich et al., 2006; Janssen et al., 2006; Lehtonen et al., 2007; Supp et al., 2004). Diese unterscheiden sich allerdings stark im Hinblick auf die Lokalisation dieser Unterschiede.

Die Widersprüche werden durch die Tatsache deutlich, dass manche Studien diese Unterschiede zwischen Wörtern und Pseudowörtern in frontalen (Braun et al., 2004; Curran, 1999; Friedrich et al., 2007; Hutzler et al., 2004; Janssen et al., 2006; West & Holcomb, 2000), fronto-zentralen (Curran, 1999), zentralen (Braun et al., 2004; Federmeier et al., 2000; Janssen et al., 2006; Lehtonen et al., 2007; Silva-Pereyra et al., 2003), temporalen (Coch & Mitra, 2010; Frishkoff et al., 2009), zentro-parietalen (Castañeda et al., 1997; Curran, 1999; Janssen et al., 2006; Lehtonen et al., 2007; Leinonen et al., 2009; Supp et al., 2004; Wang & Yuan, 2008), parietalen (Braun et al., 2004; Coch & Mitra, 2010; Curran, 1999; Federmeier et al., 2000; Janssen et al., 2006; Supp et al., 2004) aufzeigen.

In der vorliegenden Studie werden die größeren N400-ähnlichen Komponenten bei Pseudowörtern in Elektroden gezeigt, welche zentralen (FC2, C1, Cz, C2, C4) und parietalen (CP3, CP1, CPz, P5, P3, P1, Pz) Regionen zuzuordnen sind. Dies steht in Einklang mit der Studie von Leinonen et al. (2009), die diese Unterschiede ebenso in den zentralen und parietalen Elektroden feststellen. Der Zusammenhang der zentralen, zentro-parietalen und parietalen Elektroden und dem negativen Effekt von Pseudowörtern kann in weiteren Studien gezeigt werden (Braun et al., 2006; Lehtonen et al., 2007; Supp et al., 2004; Wang & Yuan, 2008). Diesen Befunden gegenüber stehen die Ergebnisse von Studien, die diese N400-Komponenten bei Pseudowörtern nur in zentralen und nicht in parietalen Elektroden (Friedrich et al., 2006) und Studien, welche diese Effekte eher nur parietal und nicht zentral (Finnigan et al., 2006; Supp et al., 2004) feststellen können. Coch und Mitra (2010) zeigen diese signifikanten Unterschiede posterior auf, also eher in den hinteren temporalen und parietalen Elektroden. In der vorliegenden Studie kann diese Unterschiede in beiden Regionen gezeigt werden.

Bezüglich der temporalen Elektroden gibt es eher wenige ERP-Studien über das verbale Langzeitgedächtnis, die signifikante Unterschiede in diesem Bereich zeigen können. Beispielsweise beschreiben Finnigan et al. (2002) die Unterschiede zwischen Wörtern und

Pseudowörtern in den zentralen und temporalen Elektroden, allerdings sind diese in diesen im Vergleich zu parietalen nicht signifikant. Silva-Pereyra et al. (2003) betonen jedoch, dass die Unterschiede zwischen den Bedingungen temporal am stärksten ausgeprägt sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen zwar unerwartete Unterschiede, allerdings könnten diese dennoch Langzeitgedächtnisprozesse in temporalen Regionen reflektieren. Dies wird auch durch die Tatsache gestützt, dass der unerwartete negative Effekt von Wörtern in allen temporalen Elektroden zwischen 400 und 800 ms konsistent auftritt. Frishkoff et al. (2009) beobachten signifikante Aktivitäten in linken temporalen Regionen während eines Tasks zum verbalen Langzeitgedächtnis und kommen aufgrund ihrer Studie ebenso zu dem Schluss, dass diese Effekte mit der Aufmerksamkeit für die Wortform in Zusammenhang stehen. Auch wenn sich nur wenige Untersuchungen explizit mit den ERP-Unterschieden zwischen Wörtern und Pseudowörtern speziell in temporalen Regionen beschäftigen, zeigt die enorme Menge an Studien, die sich dem Zusammenhang Temporallappen und dem verbalen Langzeitgedächtnis widmen, die Bedeutung dieses Bereiches für das semantische Gedächtnis auf. Allerdings können keine Erklärungen dafür gefunden werden, warum der Effekt in den temporalen Elektroden genau in die gegenteilige Richtung geht.

In drei Elektroden (FC1, C3, Cz) zeigt sich eine signifikante Interaktion zwischen der Bedingung und der Gruppe. In der FC1 und der C3 lösen Pseudowörter in der KG signifikant größere N400-ähnliche Komponenten aus als Wörter, in der VG hingegen geht dieser Bedingungsunterschied, wenn auch kaum vorhanden, in die gegenteilige Richtung. In der Elektrode Cz gingen die Unterschiede zwischen den Bedingungen in dieselbe Richtung, Pseudowörter rufen in beiden Gruppen größere N400-Komponenten hervor als Wörter. Allerdings zeigt sich dieser signifikante Bedingungsunterschied in der KG deutlicher als in der VG.

Aus dem Stand des Wissens gehen ebenfalls Widersprüche in Bezug auf die Frage nach der Lateralität dieser negativen Effekte bei Pseudowörtern hervor. Manche Studien zeigen diese negativen Komponenten vermehrt in der rechten (Castañeda et al., 1997; Leinonen et al., 2009) und manche in der linken Hemisphäre (Curran, 1999; Braun et al., 2006). Supp et al. (2004) zeigen hingegen eine bilaterale Verteilung der N400-Komponente. Die vorliegende Studie zeigt eine signifikante Interaktion zwischen Bedingung, Lokalisation und Hemisphäre. Aus dieser geht hervor, dass die linke Hemisphäre signifikant größere N400-Komponenten zwischen 400 und 800 ms aufwies als die rechte. Dieser Unterschied wird bei der Betrachtung der Interaktionsdiagramme und Mittelwerten noch deutlicher. Darüber hinaus gehen die Unterschiede zwischen den Bedingungen in manchen Elektroden in verschiedene Richtungen.

Allerdings lösen Pseudowörter in den zentralen und parietalen und Wörter in den temporalen Elektroden in beiden Hemisphären größere N400-ähnliche Komponenten aus. In anderen Worten, die Richtungen der Bedingungsunterschiede variieren nicht zwischen der linken und rechten Hemisphäre.

4.3 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den mittleren Aktivitäten der N400-ähnlichen Komponenten

Die vorliegende Studie kann insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen der VG und der KG zwischen 200 und 400 ms feststellen.

Bei der Betrachtung der mittleren Aktivitäten der ERPs in der in Kapitel 3.2.3 angeführten Abbildung 4 scheinen sich die beiden Gruppen in den Elektroden Fpz, Fp1, Fp2, AF3, AF7, FC1, FC2, FC3, FC4, Cz, C1, C2, C3, C4, C5, C6, PO3, PO7, PO8, Oz, O1 und O2 zu unterscheiden. Aufgrund der auffälligen Heterogenität der ERPs werden die einzelnen Elektroden zu Clustern zusammengefasst. Es gab einen präfrontalen (Fpz, Fp1, Fp2, AF3, AF7), einen zentralen (Cz, C1, C2, C3, C4, C5, C6) sowie einen parietalen beziehungsweise okzipitalen (PO3, PO7, PO8, Oz, O1, O2) Cluster. Die einzelnen ANOVAs mit Messwiederholung zeigen allerdings nur im zentralen Cluster signifikante Unterschiede zwischen der VG und KG. Zudem zeigt sich in dieser Elektrodengruppe ein signifikanter Unterschied zwischen den Bedingungen, da Pseudowörter in der gesamten Stichprobe signifikant größere N400-ähnliche Komponenten hervorrufen als Wörter. Jedoch können weder im präfrontalen noch im parietalen beziehungsweise okzipitalen Cluster signifikante Unterschiede entdeckt werden. Da dies in Anbetracht der mittleren Aktivitäten der ERPs überraschend ist, werden die Mittelwerte und Standardabweichungen in den Deskriptivstatistiken herangezogen. Es ist auffällig, dass vor allem die präfrontalen Elektroden aufgrund ihrer heterogenen mittleren Aktivitäten der ERPs eine äußerst hohe Standardabweichung aufweisen im Vergleich zu den zentralen Elektroden. Aufgrund dessen wird spekuliert, dass die präfrontalen sowie parietalen beziehungsweise okzipitalen Elektroden aus diesem Grund statistisch keine Signifikanz erreicht haben. In Tabelle 6 sind zur Demonstration dieser relativ großen Unterschiede zwischen den Standardabweichungen der präfrontalen im Vergleich zu den zentralen Elektroden veranschaulicht.

Tabelle 7. Ausgewählte Elektroden hinsichtlich der N400-ähnlichen Komponenten: Mittelwerte und Standardabweichungen zur Demonstration der Unterschiede zwischen verschiedenen Elektroden.

Wie bereits in Kapitel 3.2.3 beschrieben, konnten in den Elektroden C3-C6 signifikante Gruppenunterschiede aufgezeigt werden.

Lokalisation	Bedingung	Mittelwert $\pm$ Standardabweichung	
		VG	KG
Fp1	Wort	-0.771 $\pm$ 10.565	1.985 $\pm$ 4.231
	Pseudowort	-0.908 $\pm$ 10.565	2.029 $\pm$ 4.678
Fp2	Wort	0.842 $\pm$ 8.309	3.104 $\pm$ 3.737
	Pseudowort	0.913 $\pm$ 8.206	3.238 $\pm$ 4.241
Fpz	Wort	0.220 $\pm$ 8.965	2.364 $\pm$ 4.591
	Pseudowort	0.342 $\pm$ 8.742	2.704 $\pm$ 5.060
C3	Wort	0.186 $\pm$ 1.951	-1.312 $\pm$ 2.485
	Pseudowort	0.212 $\pm$ 2.012	-1.478 $\pm$ 2.282
C4	Wort	1.988 $\pm$ 2.112	0.639 $\pm$ 1.692
	Pseudowort	1.732 $\pm$ 2.081	-0.029 $\pm$ 1.535
C5	Wort	-0.397 $\pm$ 1.216	-1.433 $\pm$ 2.103
	Pseudowort	-0.240 $\pm$ 1.013	-1.354 $\pm$ 1.825
C6	Wort	1.715 $\pm$ 1.483	0.333 $\pm$ 1.643
	Pseudowort	1.703 $\pm$ 1.162	-0.034 $\pm$ 1.554

Diese Tabelle veranschaulicht die eklatanten Unterschiede zwischen den Standardabweichungen der N400-ähnlichen Komponenten in verschiedenen Elektroden sehr gut. Es wird deutlich, dass diese Standardabweichungen vor allem in der VG in den präfrontalen Elektroden äußerst hoch sind. Beim Nachprüfen der einzelnen Elektroden, in denen Gruppenunterschiede vermutet werden, können lediglich vier Elektroden (C3, C4, C5, C6) mit signifikanten Unterschieden gefunden werden. Die signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen äußern sich in diesen vier Elektroden, indem die KG in beiden Bedingungen negativere Amplituden zwischen 200 und 400 ms aufweisen als die VG. In der Studie von Myamoto et al. (2000) werden ähnliche Ergebnisse gezeigt, da die ERPs in beiden Bedingungen (*match*- und *mismatch*-Bedingung) bei EpilepsiepatientInnen positiver sind als bei gesunden Personen. Zudem zeigt sich die N400 in der KG und in der *mismatch*-Bedingung stärker. In der vorliegenden Studie kann zwar keine eindeutige N400-Komponente gemessen werden, allerdings zeigt sich in den Elektroden, die signifikante Unterschiede aufweisen, dass diese mittleren Aktivitäten der N400-ähnlichen Komponenten bei PatientInnen positiver sind als bei Personen der KG. Myamoto et al. (2000) zeigen weiter, dass die N400-Amplitude in der VG verglichen mit der KG reduziert ist. Dies kann auch in der vorliegenden Studie in den vier Elektroden, die Signifikanz erreichen, beobachtet werden. Es ist relativ schwierig Spekulationen über mögliche Gründe für nicht signifikante Gruppenunterschiede anzustellen, da es kaum ERP-Studien zum verbalen Langzeitgedächtnis

bei Personen mit und ohne Epilepsie gibt. Wie bereits erwähnt, beschäftigen sich einige Studien mit dem verbalen Langzeitgedächtnis und ERPs bei EpilepsiepatientInnen beschäftigten, die von intrakraniellen Elektroden abgeleitet werden (Dietl et al., 2008; Fernández et al., 1999; Fernández, Klaver, Fell, Grundwald & Elger, 2002; Nobre & McCarthy, 1995). Allerdings ist es nicht zulässig oder möglich, die Erkenntnisse dieser Studien mit jenen, die durch Oberflächen-ERPs abgeleitet werden, gleichzusetzen. Außerdem weisen Studien, die sich intrakranieller ERPs bei EpilepsiepatientInnen bedienen, aufgrund der invasiven Methode den Mangel auf, die gewonnenen Ergebnisse über Gedächtnisleistungen nicht mit jenen von gesunden Personen vergleichen zu können und somit sind auf PatientInnen beschränkt.

Es gibt Hinweise darauf, dass die ERPs bei EpilepsiepatientInnen sich von jenen gesunder Personen unterscheiden, indem vor allem die Latenzen verlängert sind (Chen et al., 2001). Chen et al. (2001) bringen dies vor allem mit der Anfallshäufigkeit in Verbindung. Das Alter, in denen die Anfälle begannen oder die Dauer der Krankheit können nicht mit der Verlängerung der P300-Latenzen assoziiert werden. Ozmenek et al. (2008) zeigen in ihrer Studie ebenso, dass die P300-Latenzen bei EpilepsiepatientInnen länger sind als bei gesunden Personen. In der vorliegenden Studie können die Latenzen der ERPs nicht berechnet werden, da dies durch die nachträgliche Berechnung zur Ermittlung der *averaged reference* nicht möglich war.

Es können außerdem keine signifikanten Unterschiede in den Leistungen im visuellen *lexical decision task* gefunden werden. Auch dies könnte erklären, warum keine signifikanten Gruppenunterschiede in den mittleren Aktivitäten der N400-ähnlichen Komponenten gefunden werden.

Jedoch wird eher spekuliert, dass die mangelnde Signifikanz der übrigen Elektroden wie bereits diskutiert an den äußerst hohen Standardabweichungen oder aber auch an der eher kleinen Stichprobe liegen könnte.

4.4 Kritik und Ausblick

Daraus ergeben sich die Kritikpunkte an dieser Studie bereits. Die Stichprobengröße ist zu klein bemessen, da von den getesteten 20 Personen mit Epilepsie drei ausgeschlossen werden mussten und aufgrund des *matching* somit sechs Personen exkludiert werden mussten.

Außerdem wäre es praktischer, die Kanäle, anstatt gegen eine mittig positionierte Referenzelektrode, beispielsweise gegen zwei mastoide Elektroden (z. B. TP9 und TP10) zu leiten. Dadurch könnte auf das Berechnen der durchschnittlichen Werte verzichtet werden, das zur Vermeidung von eventuellen Verzerrungen durch die mittig positionierte Referenzelektrode dient und es wäre möglich, die Latenzen der ERPs zu berechnen. Durch diesen Fehler wird die Studie beim Untersuchen von Gruppenunterschieden erheblich eingeschränkt.

Die Erforschung der Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den ERPs bezüglich der semantischen Gedächtnisleistungen stellen ein sehr interessantes Thema dar und sollte daher mehr Beachtung erlangen. In der Einleitung in Kapitel 1 wurde das Phänomen *accelerated long-term forgetting* (Butler & Zeman, 2008b) diskutiert. Interessant wäre, ob sich Zusammenhänge in den ERPs von EpilepsiepatientInnen beim Lernen und anschließendem Abruf nach verschiedenen Zeitintervallen zeigen. Zudem wäre es interessant, herauszufinden, warum die vorliegende Studie in den temporalen Elektroden einen unerwarteten negativen Effekt von Wörtern feststellte, um dieses Ergebnis besser erklären zu können.

Außerdem wird in zahlreichen Studien gezeigt, dass vor allem PatientInnen mit einer Temporallappenepilepsie in der linken Hemisphäre schlechter abschneiden als gesunde Personen und PatientInnen, bei denen der Anfallsfokus rechts liegt (Äikiä et al., 2001; Bell et al., 2005; Giovagnoli, 2005). In der vorliegenden Studie waren die Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Rekrutierung der PatientInnen eingeschränkt und somit kann der Unterschied zwischen diesen beiden PatientInnengruppen leider nicht statistisch analysiert werden.

Diese Studie ebnet den Weg für weitere Forschungsfragen. Die miteinbezogenen PatientInnen sind KandidatInnen für einen neurochirurgischen Eingriff, um ihre Epilepsie zu behandeln. Interessant wäre unter anderem, die Gedächtnisleistung der PatientInnen nach der Operation erneut zu erheben, um zu prüfen, inwiefern sich die präoperativen Gedächtnisleistungen von den postoperativen unterscheiden.

Abgesehen davon ist anzumerken, dass vor allem hinsichtlich des verbalen Langzeitgedächtnisses und den ERPs bei Personen mit und ohne Epilepsie noch viel Forschung von Nöten ist, um genauere Erkenntnisse zu gewinnen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die in zahlreichen Studien festgestellten Unterschiede in den Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses bei Personen mit und ohne Epilepsie bestätigt werden können. EpilepsiepatientInnen erzielen signifikant schlechtere Leistungen im Test zum semantischen Gedächtnis als gesunde Personen. Weiter kann gezeigt werden, dass Pseudowörter in zentralen und parietalen Regionen signifikant größere N400-ähnliche Komponenten zwischen 400 und 800 ms hervorrufen als Wörter. In den temporalen Regionen zeigt sich überraschenderweise, dass Wörter größere N400-Komponenten auslösen als Pseudowörter. Außerdem zeigen sich nur sehr wenige signifikante Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in den N400-ähnlichen Komponenten zwischen 200 und 400 ms. Zukünftig könnten bezüglich dessen den Unterschieden zwischen PatientInnen, bei denen der epileptogene Fokus entweder in der linken oder rechten Hemisphäre liegt, sowie dem Phänomen *accelerated long-term forgetting* vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden.

ABSTRAKT

Da den Unterschieden zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in Bezug auf Leistungen des verbalen Langzeitgedächtnisses und ereigniskorrelierten Potentialen trotz hoher Relevanz kaum Aufmerksamkeit geschenkt wurde, beschäftigt sich die vorliegende Studie mit dieser Problemstellung. Aufgrund des aktuellen Standes des Wissens wird angenommen, dass Personen mit Epilepsie schlechtere Leistungen erbringen als gesunde Personen. Zudem wird erwartet, dass Pseudowörter in den ereigniskorrelierten Potentialen größere N400-Komponenten hervorrufen als Wörter. Darüber hinaus wird von Unterschieden zwischen Personen mit und ohne Epilepsie in diesen N400-Komponenten ausgegangen. Der Studie liegt ein quasiexperimentelles Design mit einer Versuchs- und einer durch *matched samples* angepassten Kontrollgruppe zugrunde (N=40). Aufgrund der Ausschlusskriterien wurden 6 Personen werden aus dem Elektroenzephalogramm ausgeschlossen. Die Erfassung des verbalen Langzeitgedächtnisses erfolgt durch einen Subtest des WIT-2 und während der Aufzeichnung der ereigniskorrelierten Potentiale durch einen *lexical decision task*. Die Ergebnisse zeigen, dass EpilepsiepatientInnen schlechtere Leistungen in einem Task zum verbalen Langzeitgedächtnis erzielen als gesunde Personen. Bestätigt wurde ebenfalls, dass Pseudowörter zentral und parietal größere N400-ähnliche Komponenten zwischen 400 und 800 ms auslösen als Wörter. Temporal rufen Wörter überraschenderweise größere N400-ähnliche Komponenten hervor als Pseudowörter. Die Studie kann insgesamt keine Gruppenunterschiede feststellen. Ein möglicher Grund dafür kann die auffällige Heterogenität der ereigniskorrelierten Potentiale und die daraus resultierende hohe Standardabweichung sein. Die wenigen zwischen 200 und 400 ms gezeigten Gruppenunterschiede äußern sich darin, dass die Versuchsgruppe tendenziell weniger stark ausgeprägte N400-ähnliche Komponenten aufweist als die Kontrollgruppe.

ABSTRACT

The comparison between patients with epilepsy and healthy controls in their performance in semantic memory tasks and the correlation with event-related potentials receive little attention in the literature. Based on the current level of knowledge it's hypothesized that patients with epilepsy show worse performance in a semantic memory task than healthy controls. Moreover, pseudowords are expected to elicit larger N400 between 400 and 800 ms than real words. Furthermore, it's hypothesized that there are differences in the mean activity of N400 between patients and controls. Based on a quasi-experimental design this study recruited 20 patients suffering from epilepsy and 20 healthy controls who are matched with respect to their age and sex (N=40). 6 persons were excluded due to bad quality of their erp recordings. Semantic memory performance was measured by a subtest of the WIT-2 and by a lexical decision task during the recording of the ERPs. Results show that patients with epilepsy exhibit worse semantic memory performance compared to healthy controls. Moreover, results confirm that pseudowords elicit larger N400-like effects in central and parietal regions between 400 and 800 ms. Surprisingly, words elicit larger N400-like effects than pseudowords in temporal regions. There are no significant group differences between 200 and 400 ms. This lack of significance may be caused by heterogeneity in the erp activities and resulting extensive standard deviations. Some group differences are shown in less extensive N400-like effects of patients with epilepsy.

LITERATURVERZEICHNIS

- Addis, D. R., Moscovitch, M. & McAndrews, M. P. (2007). Consequences of hippocampal damage across the autobiographical memory network in left temporal lobe epilepsy. *Brain*, 130(9), 2327-2342. doi: 10.1093/brain/awm166
- Äikiä, M., Salmenperä, T., Partanen, K. & Kälviäinen, R. (2001). Verbal memory in newly diagnosed patients and patients with chronic left temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 2(1), 20-27. doi: 10.1006/ebeh.2000.0140
- Albrecht, T. & Vorberg, D. (2010). Long-lasting effects of briefly flashed words and pseudowords in ultrarapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(5), 1339-1345. doi: 10.1037/a0019999
- Antonucci, S. M. & Reilly, J. (2008). Semantic memory and language processing: A primer. *Seminars in Speech and Language*, 29(1), 5-17. doi: 10.1055/s-2008-1061621
- Assaf, M., Calhoun, V. D., Kuzu, C. H., Kraut, M. A., Rivkin, P. R., Hart, J. et al. (2006). Neural correlates of the object-recall process in semantic memory. *Psychiatric Research: Neuroimaging*, 147(2), 115-126. doi: 10.1016/j.psychresns.2006.01.002
- Baddeley, A. D. (2004). The psychology of memory. In A. D. Baddeley, M. D. Kopelman & B. A. Wilson (Eds.), *The Essential Handbook of Memory Disorders for Clinicians* (pp. 1-14). Chichester: John Wiley & Sons.
- Badre, D., Poldrack, R. A., Paré-Blagoev, J., Insler, R. Z. & Wagner, A. D. (2005). Dissociable controlled retrieval and generalized selection mechanisms in ventrolateral prefrontal cortex. *Neuron*, 47(6), 907-918. doi: 10.1016/j.neuron.2005.07.023
- Baillet, S., Mosher, J. C. & Leahy, R. M. (2001). Electromagnetic brain mapping. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 18(6), 14-30. doi: 10.1109/79.962275
- Baldo, J. V. & Shimamura, A. P. (1998). Letter and category fluency in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychology*, 12(2), 259-267. doi: 10.1037/0894-4105.12.2.259
- Baller, G., Brand, M., Kalbe, E. & Kessler, J. (2006). *IGD Inventar zur Gedächtnisdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- Barber, H. A., Otten, L. J., Kousta, S.-T. & Vigliocco, G. (2013). Concreteness in word processing: ERP and behavioral effects in lexical decision task. *Brain and Language*, 125(1), 47-53. doi: 10.1016/j.bandl.2013.01.005
- Barca, L. & Pezzulo, G. (2012). Unfolding visual lexical decision in time. *Plos One*, 7(4), 1-9. doi: 10.1371/journal.pone.0035932

- Barr, W. B. (2007). Epilepsy and neuropsychology: Past, present, and future. *Neuropsychology Review*, 17(4), 381-383. doi: 10.1007/s11065-007-9045-7
- Baxendale, S. A., Paesschen, W. van, Thompson, P. J., Connelly, A., Duncan, J. S., Harkness, W. F. et al. (1998). The relationship between quantitative MRI and neuropsychological functioning in temporal lobe epilepsy. *Epilepsia*, 39(2), 158-66. doi: 10.1111/j.1528-1157.1998.tb01353.x
- Bayley, P. J. & Squire, L. R. (2003). The medial temporal lobe and declarative memory. *International Congress Series*, 1250, 245-259. doi: 10.1016/S0531-5131(03)00192-4
- Bell, B. D., Bruce, P. H., Austin, R. W., Jones, J. E., Rutecki, P. A., Sheth, R. et al. (2001). Object naming and semantic knowledge in temporal lobe epilepsy. *Neuropsychology*, 15(4), 434-443. doi: 10.1037//0894-4105.15.4.434
- Bell, B. D., Fine, J., Dow, C., Seidenberg, M. & Hermann, B. P. (2005). Temporal lobe epilepsy and the selective reminding test: The conventional 30-minute delay suffices. *Psychological Assessment*, 17(1), 103-109. doi: 10.1037/1040-3590.17.1.103
- Bell, B. D. (2006). WMS-III logical memory performance after a two-week delay in temporal lobe epilepsy and control group. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(8), 1435-1443. doi: 10.1080/13803390500434367
- Bergin, P. S., Thompson, P. J., Baxendale, S. A., Fish, D. R. & Shorvon, S. D. (2000). Remote memory in epilepsy. *Epilepsia*, 41(2), 231-239. doi: 10.1111/j.1528-1157.2000.tb00145.x
- Binder, J. R., Medler, D. A., Desai, R., Conant, L. L. & Liebenthal, E. (2005). Some neurophysiological constraints on models of word naming. *Neuroimage*, 27(3), 677-693. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.04.029
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W. & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 19(12), 2767-2796. doi: 10.1093/cercor/bhp055
- Binder, J. R. & Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(11), 527-536. doi: 10.1016/j.tics.2011.10.001
- Blake, R., Wroe, S., Breen, E., & McCarthy, R. (2000). Accelerated forgetting in patients with epilepsy: Evidence for an impairment in memory consolidation. *Brain: A Journal of Neurology*, 123(3), 472-483. doi: 10.1093/brain/123.3.472
- Blanchet, S., Gagnon, G. & Bastien, C. (2007). Event-related potential study of dynamic neural mechanisms of semantic organizational strategies in verbal learning. *Brain Research*, 1170, 59-70. doi: 10.1016/j.brainres.2007.07.024

- Blume-Chair, W. T., Lüders, H. O., Mizrahi, E., Tassinari, C., Emde Boas, W. van & Engel, J. (2001). Glossary of descriptive terminology for ictal semiology: Report of the ILAE task force on classification and terminology. *Epilepsia*, 42(9), 1212-1218. doi: 10.1046/j.1528-1157.2001.22001.x
- Bortz, J. & Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (3. überarbeitete Aufl.). Berlin: Springer.
- Braun, M., Jacobs, A. M., Hahne, A., Ricker, B., Hofmann, M. & Hutzler, F. (2006). Model-generated lexical activity predicts graded ERP amplitudes in lexical decision. *Brain Research*, 1073-1074, 431-439. doi: 10.1016/j.brainres.2005.12.078
- Bresson, C., Lespinet-Najib, V., Rougier, A., Claverie, B. & N’Kaoua, B. (2007). Verbal memory compensation: Application to left and right temporal lobe epileptic patients. *Brain and Language*, 102(1), 13-21. doi: 10.1016/j.bandl.2006.06.005
- Brier, M. R., Maguire, M. J., Tillman, G. D., Hart, J. & Kraut, M. A. (2008). Event-related potentials in semantic memory retrieval. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14(5), 815-822. doi: 10.1017/S135561770808096X
- Bright, P., Buckman, J., Fradera, A., Yoshimasu, H., Colchester, A. C. F. & Kopelman, M. D. (2006). Retrograde amnesia in patients with hippocampal, medial temporal, temporal lobe, or frontal pathology. *Learning & Memory*, 13(5), 545-557. doi: 10.1101/lm.265906
- Brown, M. W. & Aggleton, J. P. (2001). Recognition memory: What are the roles of the perirhinal cortex and hippocampus. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(1), 51-61. doi: 10.1038/35049064
- Bruckner, R. L., Petersen, S. E., Ojemann, J. G., Miezin, F. M., Squire, L. R. & Raichle, M. E. (1995). Functional anatomical studies of explicit and implicit memory retrieval tasks. *The Journal of Neuroscience*, 15(1), 12-29.
- Butler, C. R., Graham, K. S., Hodges, J. R., Kapur, N., Wardlaw, J. M. & Zeman, A. Z. J. (2007). The syndrome of transient epileptic amnesia. *Annals of Neurology*, 61(6), 587-598. doi: 10.1002/ana.21111
- Butler, C. R. & Zeman, A. Z. (2008a). A case of transient epileptic amnesia with radiological localization. *Nature Clinical Practice Neurology*, 4(9), 516-521. doi: 10.1038/ncpneuro0857
- Butler, C. R. & Zeman, A. Z. (2008b). Recent insights into the impairment of memory in epilepsy: Transient epileptic amnesia, accelerated long-term forgetting and remote memory impairment. *Brain*, 131(9), 2243-2263. doi: 10.1093/brain/awn127

- Castañeda, M., Ostrosky-Solis, F., Pérez, M., Bobes, M. A. & Rangel, L. E. (1997). ERP assessment of semantic memory in alzheimer's disease. *International Journal of Psychophysiology*, 27(3), 201-214. doi: 10.1016/S0167-8760(97)00064-0
- Chen, R.-C., Tsai, S.-Y., Chang, Y.-C. & Liou, H.-H. (2001). Seizure frequency affects event-related potentials (P300) in epilepsy. *Journal of Clinical Neuroscience*, 8(5), 442-446. doi: 10.1054/jocn.2000.0908
- Chwilla, D. J., Brown, C. M. & Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32(3), 274-285. doi: 10.1111/j.1469-8986.1995.tb02956.x
- Coch, D. & Mitra, P. (2010). Word and pseudoword superiority effects reflected in the ERP waveform. *Brain Research*, 1329, 159-174. doi: 10.1016/j.brainres.2010.02.084
- Corcoran, R. & Thompson, P. (1992). Memory failure in epilepsy: Retrospective reports and prospective findings. *Seizure*, 1(1), 37-42. doi: 10.1016/1059-1311(92)90053-4
- Coughlan, A. K. & Warrington, E. K. (1981). The impairment of verbal semantic memory: A single case study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 44(12), 1079-1083.
- Cronel-Ohayon, S., Zesiger, P., Davidoff, V., Boni, A., Roulet, E. & Deonna, T. (2006). Deficit in memory consolidation (abnormal forgetting rate) in childhood temporal lobe epilepsy: Pre and postoperative long-term observation. *Neuropediatrics*, 37(6), 317-324. doi: 10.1055/s-2007-964997
- Curran, T. (1999). The electrophysiology of incidental and intentional retrieval: ERP old/new effects in lexical decision and recognition memory. *Neuropsychologia*, 37(7), 771-785. doi: 10.1016/S0028-3932(98)00133-X
- Dalla Barba, G., Parlato, V., Jobert, A., Samson, Y. & Pappata, S. (1998). Cortical networks implicated in semantic and episodic memory: Common or unique? *Cortex*, 34(4), 547-561. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70513-6
- Davidson, M., Dorris, L., O'Regan, M. & Zuberi, S. M. (2007). Memory consolidation and accelerated forgetting in children with idiopathic generalized epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 11(3), 394-400. doi:10.1016/j.yebeh.2007.05.004
- Davies, K. G., Bell, B. D., Bush, A. J., Hermann, B. P., Dohan, F. C. & Jaap, A. S. (1998). Naming decline after left anterior temporal lobectomy correlates with pathological status of resected hippocampus. *Epilepsia*, 39(4), 407-419. doi: 10.1111/j.1528-1157.1998.tb01393.x
- Debrulle, J. B. & Renoult, L. (2009). Effect of semantic matching and semantic category on

- reaction time and N400 that resist numerous repetitions. *Neuropsychologia*, 47(2), 506-517. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.10.007
- Derungs, L. (n.d.). *Kurztest (Rechtschreibung, Wortschatz, Grammatik)*. Abgerufen am 21.01.2013, von Deutsch als Fremdsprache, Learning & Doing GmbH: http://www.mittelschulvorbereitung.ch/content_new/dafch/Pr125dKurztest.pdf
- Díaz, F., Lindín, M., Galdo-Alvarez, S., Facal, D. & Juncos-Rabadán, O. (2007). An event-related potentials study of face identification and naming: The tip-of-the-tongue state. *Psychophysiology*, 44(1), 50-68. doi: 10.1111/j.1469-8986.2006.00483.x
- Dietl, T., Kurthen, M., Kirch, D., Staedtgen, M., Schaller, C., Elger, C. E. et al. (2008). Limbic event-related potentials to words and pictures in the presurgical evaluation of temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Research*, 78(2), 207-215. doi: 10.1016/j.eplepsyres.2007.12.002
- Drane, D. L., Ojemann, G. A., Aylward, E., Ojemann, J. G., Johnson, L. C. , Silbergeld, D. L. et al. (2008). Category-specific naming and recognition deficits in temporal lobe epilepsy surgical patients. *Neuropsychologia*, 46(5), 1242-1255. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2007.11.034
- Dudai, Y. (2002). Molecular bases of long-term memories: A question of persistence. *Current Opinion in Neurobiology*, 12(2), 211-216. doi: 10.1016/S0959-4388(02)00305-7
- Duncan, C. C., Barry, R. J., Connolly, J. F., Fischer, C., Michie, P. T., Näätänen, R. et al. (2009). Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. *Clinical Neurophysiology*, 120(11), 1883-1908. doi: 10.1016/j.clinph.2009.07.045
- Düzel, E., Cabeza, R., Pictan, T. W., Yonelias, A. P., Scheich, H., Heinze, H.-J. et al. (1999). Task-related and item-related brain processes of memory retrieval. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United of America*, 96(4), 1794-1899.
- Ebe, M. & Homma, I. (2002). *Leitfaden für die EEG-Praxis. Ein Bildkompendium* (3. neu bearbeitete deutsche Aufl.). München: Urban & Fischer.
- Elger, C. E., Grunwald, T., Lehnertz, K., Kutas, M., Helmstaedter, C., Brockhaus, A. et al. (1997). Human temporal lobe potentials in verbal learning and memory processes. *Neuropsychologia*, 35(5), 657-667. doi: 10.1016/S0028-3932(96)00110-8
- Elixhauser, A., Leidy, N. K., Meador, K., Means, E. & Willian, M. K. (1999). The relationship between memory performance, perceived cognitive function, and mood in patients with epilepsy. *Epilepsy Research*, 37(1), 13-24. doi: 10.1016/S0920-1211(99)00036-4

- Engel, J. (2001). A proposed diagnostic scheme for people with epileptic seizures and with epilepsy: Report of the ILAE task force on classification and terminology. *Epilepsia*, 42(6), 796-803. doi: 10.1046/j.1528-1157.2001.10401.x
- Ergen, M., Yildirim, E., Usulu, A., Gürvit, H. & Demiralp, T. (2012). P3 response during short-term memory retrieval revisited by a spatio-temporal analysis. *Journal of Psychophysiology*, 84(2), 205-210. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2012.02.009
- Federmeier, K. D., McLennan, D. B., De Ochoa, E. & Kutas, M. (2002). The impact of semantic memory organization and sentence context information on spoken language processing by younger and older adults: An ERP study. *Psychophysiology*, 39(2), 133-146. doi: 10.1111/1469-8986.3920133
- Federmeier, K. D., Segal, J. B., Lombrozo, T. & Kutas, M. (2000). Brain responses to nouns, verbs and class-ambiguous words in context. *Brain*, 123(12), 2552-2566. doi: 10.1093/brain/123.12.2552
- Fenker, D. B., Waldmann, M. R. & Holyoak, K. J. (2005). Accessing causal relations in semantic memory. *Memory & Cognition*, 33(6), 1036-1046. doi: 10.3758/BF03193211
- Ferbinteanu, J. & Shapiro, M. L. (2003). Prospective and retrospective memory coding in the hippocampus. *Neuron*, 40(6), 1227-1239. doi: 10.1016/S0896-6273(03)00752-9
- Fernández, G., Effern, A., Grunwald, T., Pezer, N., Lehnertz, K., Dümpelmann, M. et al. (1999). Real-time tracking of memory formation in the human rhinal cortex and hippocampus. *Science*, 285(5433), 1582-1585. doi: 10.1126/science.285.5433.1582
- Fernández, G., Klaver, P., Fell, J., Grunwald, T. & Elger, C. E. (2002). Human declarative memory formation: Segregating rhinal hippocampal contributions. *Hippocampus*, 12(4), 514-519. doi: 10.1002/hipo.10050
- Finnigan, S., Humphreys, M. S., Dennis, S. & Geffen, G. (2002). ERP 'old/new' effects: Memory strength and decisional factor(s). *Neuropsychologia*, 40(13), 2288-2304. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00113-6
- Fließbach, K., Weis, S., Klaver, P., Elger, C. E. & Weber, B. (2006). The effect of word concreteness on recognition memory. *Neuroimage*, 32(3), 1413-1421. doi: 10.1016/j.neuroimage.2006.06.007
- Frankland, P. W. & Bontempi, B. (2005). The organization of recent and remote memories. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(2), 119-130. doi: 10.1038/nrn1607
- Friederici, A. D., Pfeifer, E. & Hahne, A. (1993). Event-related potentials during natural speech processing: Effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1(3), 183-192. doi: 10.1016/0926-6410(93)90026-2

- Friedman, D. & Johnson, R. (2000). Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: A selective review. *Microscopy Research and Technique*, 51(1), 6-28. doi: 10.1002/1097-0029(20001001)51:1<6::AID-JEMT2>3.0.CO;2-R
- Friedman, D., Kazmerski, V. A. & Cycowicz, Y. M. (1998). Effects of aging on the novelty P3 during attend and ignore oddball tasks. *Psychophysiology*, 35(5), 508-520. doi: 10.1017/S0048577298970664
- Friedrich, C. K., Eulitz, C. & Lahiri, A. (2006). Not every pseudoword disrupts word recognition: An ERP study. *Behavioral and Brain Functions*, 2(1), 36-46. doi: 10.1186/1744-9081-2-36
- Frishkoff, G. A., Perfetti, C. A. & Westbury, C. (2009). ERP measures of partial semantic knowledge: Left temporal indices of skill differences and lexical quality. *Biological Psychology*, 80(1), 130-147. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.04.017
- Galdo-Alvarez, S., Lindín, M. & Díaz, F. (2009). The effect of age on event-related potentials (ERP) associated with face naming and with the tip-of-the-tongue (TOT) state. *Biological Psychology*, 81(1), 14-23. doi: 10.1016/j.biopsycho.2009.01.002
- Gardiner, J. M., Brandt, K. R., Baddeley, A. D., Vargha-Khadem, F. & Mishkin, M. (2008). Charting the acquisition of semantic knowledge in a case of developmental amnesia. *Neuropsychologia*, 46(11), 2865-2868. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.05.021
- Gault, L. V. (2004). Epilepsy. *Journal of Consumer Health On the Internet*, 8(1), 41-51. doi: 10.1300/J381v08n01_04
- Giovagnoli, A. R., Mascheroni, S. & Avanzini, G. (1997). Self-reporting of everyday memory in patients with epilepsy: Relation to neuropsychological, clinical, pathological and treatment factors. *Epilepsy Research*, 28(2), 119-128. doi: 10.1016/S0920-1211(97)00036-3
- Giovagnoli, A. R. (2005). Characteristics of verbal semantic impairment in left hemisphere epilepsy. *Neuropsychology*, 19(4), 501-508. doi: 10.1037/0894-4105.19.4.501
- Giovagnoli, A. R., Erbetta, A., Villani, F. & Avanzini, G. (2005). Semantic memory in partial epilepsy: Verbal and non-verbal deficits and neuroanatomical relationships. *Neuropsychologia*, 43(10), 1482-1492. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.12.010
- Gleissner, U. & Elger, C. E. (2001). The hippocampal contribution to verbal fluency in patients with temporal lobe epilepsy. *Cortex*, 37(1), 55-63. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70557-4

- Gratton, C., Evans, K. M. & Federmeier, K. D. (2009). See what i mean? An ERP study of the effect of background knowledge on novel object processing. *Memory & Cognition*, 37(3), 277-291. doi: 10.3758/MC.37.3.277
- Greene, R. L. (2004). Recognition memory for pseudowords. *Journal of Memory and Language*, 50(3), 259-267. doi: 10.1016/j.jml.2003.12.001
- Grieder, M., Crinelli, R. M., Koenig, T., Wahlund, L.-O., Dierks, T. & Wirth, M. (2012). Electrophysiological and behavioral correlates of stable automatic semantic retrieval in aging. *Neuropsychologia*, 50(1), 160-171. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.11.014
- Habib, R., Nyberg, L. & Tulving, E. (2003). Hemispheric asymmetries of memory: The HERA model revisited. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(6), 241-245. doi: 10.1016/S1364-6613(03)00110-4
- Hahne, A., Eckstein, K. & Friederici, A. D. (2004). Brain signatures of syntactic and semantic processes during children's language development. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7), 1302-1318. doi: 10.1162/0898929041920504
- Hamann, S. B. & Squire, L. R. (1995). On the acquisition of the new declarative knowledge in amnesia. *Behavioral Neuroscience*, 109(6), 1027-1044. doi: 10.1037/0735-7044.109.6.1027
- Hannula, D. E., Tranel, D. & Cohen, N. J. (2006). The long and the short of it: Relational memory impairments in amnesia, even at short lags. *The Journal of Neuroscience*, 26(32), 8352-8359. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5222-05-2006
- Hart, J., Maguire, M. J., Motes, M., Mudar, R. A., Chiang, H.-S., Womack, K. B. et al. (2013). Semantic memory retrieval circuit: Role of pre-SMA, caudate, and thalamus. *Brain and Language*, 126(1), 89-98. doi: 10.1016/j.bandl.2012.08.002
- Helmstaedter, C., Kurthen, M., Lux, S., Reuber, M. & Elger, C. E. (2003). Chronic epilepsy and cognition: A longitudinal study in temporal lobe epilepsy. *Annals of Neurology*, 54(4), 425-432. doi: 10.1002/ana.10692
- Hermann, B., Seidenberg, M., Lee, E.-J., Chan, F. & Rutecki, P. (2007). Cognitive phenotypes in temporal lobe epilepsy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(1), 12-20. doi: 10.1017/S135561770707004X
- Hermann, B. & Seidenberg, M. (2002). Neuropsychology and temporal lobe epilepsy. *CNS Spectrums*, 7(5), 343-348. doi: 10.1037/h0087030
- Hill, H., Ott, F. & Weisbrod, M. (2005). SOA-dependent N400 and P300 semantic priming effects using pseudoword primes and a delayed lexical decision. *International Journal*

- of *Psychophysiology*, 56(3), 209-221. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2004.12.004
- Hodges, J. R. & Patterson, K. (1995). Is semantic memory consistently impaired early in the course of alzheimer's disease? *Neuropsychologia*, 33(4), 441-459. doi: 10.1016/0028-3932(94)00127-B
- Holdstock, J. S., Mayes, A. R., Isaac, C. L., Gong, Q. & Roberts, N. (2002). Differential involvement of the hippocampus and temporal lobe cortices in rapid and slow learning of new semantic information. *Neuropsychologia*, 40(7), 748-768. doi: 10.1016/S0028-3932(01)00192-0
- Humphries, C., Binder, J. R., Medler, D. A. & Liebenthal, E. (2007). Time course of semantic processing during sentence comprehension: An fmri study. *Neuroimage*, 36(3), 924-932. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.059
- Hutzler, F., Bergmann, J., Conrad, M., Kronbichler, M., Stenneken, P. & Jacobs, A. M. (2004). Inhibitory effects of first syllable-frequency in lexical decision: An event-related potential study. *Neuroscience Letters*, 372(3), 179-184. doi: 10.1016/j.neulet.2004.07.050
- Institut für Deutsche Sprache (n.d.). *COSMAS II. Corpus Search, Management and Analysissystem*. Abgerufen am 21.1.2013, <http://www.ids-mannheim.de/cosmas2/>
- Ito, J., Koyama, S. & Nageishi, Y. (1997). Event-related potentials during lexical decision task. Differences in N400 between concrete and abstract words. *International Journal of Psychophysiology*, 25(1), 29-30. doi: 10.1016/S0167-8760(97)85412-8
- Jansari, A. S., Davis, K., McGibbon, T., Firminger, S. & Kapur, N. (2010). When “long-term memory” no longer means “forever”: Analysis of accelerated long-term forgetting in a patient with temporal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 48(6), 1707-1715. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.02.018
- Janssen, U., Wiese, R. & Schlesewsky, M. (2006). Electrophysiological responses to violations of morphosyntactic and prosodic features in derived German nouns. *Journal of Neurolinguistics*, 19(6), 466-482. doi: 10.1016/j.jneuroling.2006.04.002
- Jensen, E. J., Hargreaves, I., Bass, A., Pexman, P., Goodyear, B. G. & Federico, P. (2011). Cortical reorganization and reduced efficiency of visual word recognition in right temporal lobe epilepsy: A functional MRI study. *Epilepsy Research*, 93(2), 155-163. doi: 10.1016/j.eplepsyres.2010.12.003
- Jokeit, H., Krämer, G. & Ebner, A. (2005). Do antiepileptic drugs accelerate forgetting? *Epilepsy & Behavior*, 6(3), 430-432. doi: 10.1016/j.yebeh.2004.12.012

- Jokeit, H. & Ebner, A. (1999). Long term effects of refractory temporal lobe epilepsy on cognitive abilities: A cross sectional study. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 67(1), 44-50. doi: 10.1136/jnnp.67.1.44
- Jones, D. M., Marsh, J. E. & Hughes, R. W. (2012). Retrieval from memory: Vulnerable or inviolable? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(4), 905-922. doi: 10.1037/a0026781
- Jones-Gotman, M., Smith, M. L., Risse, G. L., Westerveld, M., Swanson, S. J., Giovagnoli, A. R. et al. (2010). The contribution of neuropsychology to diagnostic assessment in epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 18(1-2), 3-12. doi: 10.1016/j.yebeh.2010.02.019
- Jorge, J., Zwaag, W. van der & Figueiredo, P. (in press). EEG-fMRI integration for the study of human brain function. *Neuroimage*. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.05.114
- Kapur, S., Craik, F. I. M., Tulving E., Wilson, A. A., Houle, S. & Brown, G. M. (1994). Neuroanatomical correlates of encoding in episodic memory: Levels of processing effect. *Proceedings of the Academy of Sciences of the United States of America*, 91(6), 2008-2011.
- Kapur, N., Millar, J., Colbourn, C., Abbott, P., Kennedy, P. & Docherty, T. (1997). Very long-term amnesia in association with temporal lobe epilepsy: Evidence for multiple-stage consolidation processes. *Brain and Cognition*, 35(1), 58-70. doi: 10.1006/brcg.1997.0927
- Kazui, H., Hashimoto, M., Hirono, N. & Mori, E. (2003). Nature of personal semantic memory: Evidence from Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 41(8), 981-988. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00322-6
- Kemp, S., Illman, N. A., Moulin, C. J. A. & Baddeley, A. D. (2012). Accelerated long-term forgetting (ALF) and transient epileptic amnesia (TEA): Two cases of epilepsy-related memory disorder. *Epilepsy & Behavior*, 24(3), 382-388. doi: 10.1016/j.yebeh.2012.04.119
- Kersting, M., Althoff, K. & Jäger, A. O. (2008). *Wilde-Intelligenz-Test 2. WIT-2*. Göttingen: Hogrefe.
- Kilpatrick, C., Murrie, V., Cook, M., Andrewes, D., Desmond, P. & Hopper, J. (1997). Degree of left hippocampal atrophy correlates with severity of neuropsychological deficits. *Seizure*, 6(3), 213-218. doi: 10.1016/S1059-1311(97)80008-8
- Knight, R. T. (1997). Distributed cortical network for visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(1), 75-91. doi: 10.1162/jocn.1997.9.1.75

- Kotchoubey, B. I., Jordan, J. S., Grözing, B., Westphal, K. P. & Kornhuber, H. H. (1996). Event-related brain potentials in a varied-set memory search task: A reconsideration. *Psychophysiology*, 33(5), 530-540. doi: 10.1111/j.1469-8986.1996.tb02429.x
- Kounios, J. & Holcomb, P. J. (1992). Structure and process in semantic memory: Evidence from event-related brain potentials and reaction times. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121(4), 459-479. doi: 10.1037/0096-3445.121.4.459
- Kounios, J., Green, D. L., Payne, L., Fleck, J., Grondin, R. & McRae, K. (2009). Semantic richness and the activation of concepts in semantic memory: Evidence from event-related potentials. *Brain Research*, 1282, 95-102. doi: 10.1016/j.brainres.2009.05.092
- Köylü, B., Trinka, E., Ischebeck, A., Visani, P., Trieb, T., Kremser, C. et al. (2006). Neural correlates of verbal semantic memory in patients with temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Research*, 72(2-3), 178-191. doi: 10.1016/j.eplesyres.2006.08.002
- Kuchinke, L., Meer, E. van der & Krueger, F. (2009). Differences in processing of taxonomic and sequential relations in semantic memory: An fMRI investigation. *Brain and Cognition*, 69(2), 245-251. doi: 10.1016/j.bandc.2008.07.014
- Kutas, M. & Federmeier, K. D. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(12), 463-470. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01560-6
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207(4427), 203-205. doi: 10.1126/science.7350657
- Kutas, M. & Iragui, V. (1998). The N400 in a semantic categorization task across 6 decades. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 108(5), 456-471. doi: 10.1016/S0168-5597(98)00023-9
- Lah, S., Grayson, S., Lee, T. & Miller, L. (2004). Memory for the past after temporal lobectomy: Impact of epilepsy and cognitive variables. *Neuropsychologia*, 42(12), 1666-1679. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.008
- Lah, S., Lee, T., Grayson, S. & Miller, L. (2006). Effects of temporal lobe epilepsy on retrograde memory. *Epilepsia*, 47(3), 615-25. doi: 10.1111/j.1528-1167.2006.00476.x
- Lalouschek, W., Gerschlag, W., Lehrner, J., Baumgartner, C., Lindinger, C., Deecke, L. et al. (1998). Event-related potentials with temporal lobe epilepsy reveal topography specific lateralization in relation to the side of the epileptic focus. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 108(6), 567-576. doi: 10.1016/S0168-5597(98)00037-9

- Lambon-Ralph, M. A. L., Ehsan, S., Baker, G. A. & Rogers, T. T. (2012). Semantic memory is impaired in patients with unilateral anterior temporal lobe resection for temporal lobe epilepsy. *Brain: A Journal of Neurology*, 135(2), 242-258. doi: 10.1093/brain/awr325
- Lefebvre, C. D., Marchand, Y., Eskes, G. A. & Connolly, J. F. (2005). Assessment of working memory abilities using an event-related brain potential (ERP)-compatible digit span backward task. *Clinical Neurophysiology*, 116(7), 1665-1680. doi:10.1016/j.clinph.2005.03.015
- Lehtonen, M., Cunillera, T., Rodríguez-Fornells, A., Hultén, A., Tuomainen, J. & Laine, M. (2007). Recognition of morphologically complex words in Finnish: Evidence from event-related potentials. *Brain Research*, 1148, 123-137. doi: 10.1016/j.brainres.2007.02.026
- Leinonen, A., Grönholm-Nyman, P., Järvenpää, M., Söderholm, C., Lappi, O., Laine, M. et al. (2009). Neurocognitive processing of auditory and visually presented inflected words and pseudowords: Evidence from a morphologically rich language. *Brain Research*, 1275, 54-66. doi: 10.1016/j.brainres.2009.03.057
- Lepinet-Najib, V., N'Kaoua, B., Sauzéon, H., Bresson, C., Rougier, A. & Claverie, B. (2004). Levels of processing with free and cued recall and unilateral temporal lobe epilepsy. *Brain and Language*, 89(1), 83-90. doi: 10.1016/S0093-934X(03)00303-1
- Lepinet, V., Bresson, C., N'Kaoua, B., Rougier, A. & Claverie, B. (2002). Effect of age of onset of temporal lobe epilepsy on the severity and the nature of preoperative memory deficits. *Neuropsychologia*, 40(9), 1591-1600. doi: 10.1016/S0028-3932(02)00012-X
- Lodder, S. S. & Putten, M. J. A. M. van (2013). Quantification of the adult EEG background pattern. *Clinical Neurophysiology*, 124(2), 228-237. doi: 10.1016/j.clinph.2012.07.007
- Maguire, E. A., Frith, C., Rudge, P. & Cipolotti, L. (2005). The effect of adult-acquired hippocampal damage on memory retrieval: An fMRI-study. *Neuroimage*, 27(1), 146-152. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.04.006
- Mameniskiene, R., Jatuzis, D., Kaubrys, G. & Budrys, V. (2006). The decay of memory between delayed and long-term recall in patients with temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 8(1), 278-288. doi: 10.1016/j.yebeh.2005.11.003
- Manes, F., Graham, K. S., Zeman, A., de Lujan Calcagno, M. & Hodges, J. R. (2005). Autobiographical amnesia and accelerated forgetting in transient epileptic amnesia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 76(10), 1387-1391. doi: 10.1136/jnnp.2004.036582

- Manns, J. R., Hopkins, R. D. & Squire, L. R. (2003). Semantic memory and the human hippocampus. *Neuron*, 38(1), 127-133. doi: 10.1016/S0896-6273(03)00146-6
- Manns, J. R., Hopkins, R. O., Reed, J. M., Kitchener, E. G. & Squire, L. R. (2003). Recognition memory and the human hippocampus. *Neuron*, 37(1), 171-180. doi: 10.1016/S0896-6273(02)01147-9
- Martin, R. C., Loring, D. W., Meador, K. J., Lee, G. P., Thrash, N. & Arena, J. G. (1991). Impaired long-term retention despite normal verbal learning in patients with temporal lobe dysfunction. *Neuropsychology*, 5(1), 3-12. doi: 10.1037/0894-4105.5.1.3
- Mayes, A. R., Isaac, C. L., Holdstock, J. S., Cariga, P., Gummer, A. & Roberts, N. (2003). Long-term amnesia: A review and detailed illustrative case study. *Cortex*, 39(4-5), 567–603. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70855-4
- McClelland, J. L., McNaughton, B. L. & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review*, 102(3), 419-457. doi: 10.1037/0033-295x.102.3.419
- McDonald, C. R. (2008). The use of neuroimaging to study behavior in patients with epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 12(4), 600-611. doi: 10.1016/j.yebeh.2007.10.016
- McGibbon, T. & Jansari, A. S. (2013). Detecting the onset of accelerated long-term forgetting: Evidence from temporal lobe epilepsy. *Neuropsychologia*, 51(1), 114-122. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.11.004
- McGlone, J. & Wands, K. (1991). Self-report of memory function in patients with temporal lobe epilepsy and temporal lobectomy. *Cortex*, 27(1), 19-28. doi: 10.1016/S0010-9452(13)80265-1
- Messas, C. S., Mansur, L. L. & Castro, L. H. M. (2008). Semantic memory impairment in temporal lobe epilepsy associated with hippocampal sclerosis. *Epilepsy & Behavior*, 12(2), 311-316. doi: 10.1016/j.yebeh.2007.10.014
- Mishkin, M., Vargha-Khadem, F. & Gadian, D. G. (1998). Amnesia and the organization of the hippocampal system. *Hippocampus*, 8(3), 212-216. doi: 10.1002/(SICI)1098-1063(1998)8:3<212::AID-HIPO4>3.0.CO;2-L
- Miyamoto, T., Katayama, J. I., Kohsaka, M. & Koyama, T. (2000). Disturbance of semantic processing in temporal lobe epilepsy demonstrated with scalp ERPs. *Seizure*, 9(8), 572-579. doi: 10.1053/seiz.2000.0460
- Moore-Parks, E. N., Burns, E. L., Bazzill, R., Levy, S., Posada, V. & Müller, R.-A. (2010). An fMRI study of sentence-embedded lexical-semantic decision in children and

- adults. *Brain and Language*, 114(2), 90-100. doi: 10.1016/j.bandl.2010.03.009
- Moosmann, M., Eichele, T., Nordby, H., Hugdahl, K. & Calhoun, V. D. (2008). Joint independent component analysis for simultaneous EEG-fMRI: Principle and stimulation. *International Journal of Psychophysiology*, 67(3), 212-221. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2007.05.016
- Moscovitch, M., Nadel, L., Winocur, G., Gilboa, A. & Rosenbaum, R. S. (2006). The cognitive neuroscience of remote episodic, semantic and spatial memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(2), 179-190. doi: 10.1016/j.conb.2006.03.013
- Motamedi, G. K. & Meador, K. J. (2004). Antiepileptic drugs and memory. *Epilepsy & Behavior*, 5(4), 435-439. doi: 10.1016/j.yebeh.2004.03.006
- Muhlert, N., Grünewald, R. A., Hunkin, N. M., Reuber, M., Howell, S., Reynders, H. et al. (2011). Accelerated long-term forgetting in temporal lobe but not idiopathic generalised epilepsy. *Neuropsychologia*, 49(9), 2417-2426. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.04.018
- Münter, T. F., Urbach, T. P., Düzel, E. & Kutas, M. (2000). Event-related brain potentials in the study of human cognition and neuropsychology. In F. Boller, J. Grafman & G. Rizzolatti (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (pp. 1-97). Bethesda, MD: Elsevier.
- Murray, E. A. & Bussey, T. J. (1999). Perceptual-mnemonic functions of the perirhinal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(4), 142-151. doi: 10.1016/S1364-6613(99)01303-0
- Nobre, A. C. & McCarthy, G. (1995). Language-related field potentials in the anterior-medial temporal lobe: II. Effects of word type and semantic priming. *The Journal of Neuroscience*, 15 (2), 1090-1098.
- Noppeney, U. & Price, C. J. (2003). Functional imaging of the semantic system: Retrieval of sensory-experienced and verbally learned knowledge. *Brain and Language*, 84(1), 120-133. doi: 10.1016/S0093-934X(02)00525-4
- Nunez, P. L. & Silberstein, R. B. (2000). On the relationship of synaptic activity to macroscopic measurements: Does co-registration of EEG with fMRI make sense? *Brain Topography*, 13(2), 79-96. doi: 10.1023/A:1026683200895
- Nyberg, L., Cabeza, R. & Tulving, E. (1996). PET studies of encoding and retrieval: The HERA model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(2), 135-148. doi: 10.3758/BF03212412

- O'Connor, M., Sieggreen, M. A., Ahern, G., Schomer, D. & Mesulam, M. (1997). Accelerated forgetting in association with temporal lobe epilepsy and paraneoplastic encephalitis. *Brain and Cognition*, 35(1), 71–84. doi: 10.1006/brcg.1997.0928
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. doi: 10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Ozmenek, O. A., Nazliel, B., Leventoglu, A. & Bilir, E. (2008). The role of event related potentials in evaluation of subclinical cognitive dysfunction in epileptic patients. *Acta Neurologica Belgica*, 108(2), 58-63.
- Ozubko, J. D. & Joordens, S. (2011). The similarities (and familiarities) of pseudowords and extremely high-frequency words: Examining a familiarity-based explanation of the pseudoword effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(1), 123-129. doi: 10.1037/a0021099
- Pagliuca, G., Arduino, L. S., Barca, L. & Burani, C. (2008). Fully transparent orthography, yet lexical reading aloud: The lexicality effect in Italian. *Language and Cognitive Processes*, 23(3), 422-433. doi: 10.1080/01690960701626036
- Paller, K. A., Kutas, M. & McIsaac, H. K. (1995). Monitoring conscious recollection via the electrical activity of the brain. *Psychological Science*, 6 (2), 107-111. doi: 10.1111/j.1467-9280.1995.tb00315.x
- Peelle, J. E., Troiani, V. & Grossman, M. (2009). Interaction between process and content in semantic memory: An fMRI study of noun feature knowledge. *Neuropsychologia*, 47(4), 995-1003. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.10.027
- Pelosi, L., Hayward, M. & Blumhardt, L. D. (1995). Is “memory-scanning” time in the Sternberg paradigm reflected in the latency of event-related potentials? *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 96(1), 44-55. doi: 10.1016/0013-4694(94)00163-F
- Persike, D. S., Lima, L. M., Amorim, R. P., Cavaleiro, E. A., Yacubian, E. M. T., Centeno, R. S. et al. (2012). Hippocampal proteomic profile in temporal lobe epilepsy. *Journal of Epilepsy and Clinical Neurophysiology*, 18(2), 53-56. doi: 10.1590/S1676-26492012000200007
- Piazzini, A., Canevini, M. P., Maggiori, G. & Canger, R. (2001). The perception of memory failures in patients with epilepsy. *European Journal of Neurology*, 8(6), 613–620. doi: 10.1046/j.1468-1331.2001.00287.x
- Polich, J. & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: An integrative review. *Biological Psychology*, 41(2), 103-146. doi: 10.1016/0301-511(95)05130-9.

- Preston, A. R., Shrager, Y., Dudukovic, N. M. & Gabrieli, J. D. E. (2004). Hippocampal contribution to the novel use of relational information in declarative memory. *Hippocampus*, 14(2), 148-152. doi: 10.1002/hipo.20009
- Ranganath, C. & Blumenfeld, R. S. (2005). Doubts about double dissociations between short- and long-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(8), 374-380. doi: 10.1016/j.tics.2005.06.009
- Ranganath, C. & Paller, K. A. (1999). Frontal brain activity during episodic and semantic retrieval: Insights from event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(6), 598-609. doi: 10.1162/089892999563661
- Reed, J. M. & Squire, L. R. (1998). Retrograde amnesia for facts and events: Findings from four new cases. *The Journal of Neuroscience*, 18(10), 3943-3954.
- Reminger, S. L., Kaszniak, A. W., Labiner, D. M., Littrell, L. D., David, B. T., Ryan, L. et al. (2004). Bilateral hippocampal volume predicts verbal memory function in temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, 5(5), 687-695. doi: 10.1016/j.yebeh.2004.06.006
- Ruff, I., Blumstein, S. E., Myers, E. B. & Hutchinson, E. (2008). Recruitment of anterior and posterior structures in lexical-semantic processing: An fMRI study comparing implicit and explicit tasks. *Brain and Language*, 105(1), 41-49. doi: 10.1016/j.bandl.2008.01.003
- Schwartz, T., Devinsky, O., Doyle, W. & Perrine, K. (1998). Preoperative predictors of anterior temporal language areas. *Journal of Neurosurgery*, 89(6), 962-970.
- Scimeca, J. M. & Badre, D. (2012). Striatal contributions to declarative memory retrieval. *Neuron*, 75(3), 380-392. doi: 10.1016/j.neuron.2012.07.014
- Scoville, W. B. & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 20(1), 11-21. doi: 10.1136/jnnp.20.1.11
- Smith, M. L. & Lah, S. (2011). One declarative memory systems or two? The relationship between episodic and semantic memory in children with temporal lobe epilepsy. *Neuropsychology*, 25(5), 634-644. doi: 10.1037/a0023770
- Silva-Pereyra, J., Harmony, T., Villanueva, G., Fernández, T., Rodríguez, M., Galán, L. et al. (1999). N400 and lexical decisions: Automatic or controlled processing? *Clinical Neurophysiology*, 110(5), 813-824. doi: 10.1016/S1388-2457(99)00009-7
- Silva-Pereyra, J., Rivera-Gaxiola, M., Aubert, E., Bosch, J., Galán, L. & Salazar, A. (2003). N400 during lexical decision tasks: A current source localization study. *Clinical Neurophysiology*, 114(12), 2469-2486. doi: 10.1016/S1388-2457(03)00248-7

- Silveri, M. C. & Ciccarelli, N. (2009). Semantic memory in object use. *Neuropsychologia*, 47(12), 2634-2641. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.05.013
- Squire, L. R. (1987). *Memory and the brain*. New York: Oxford University Press.
- Squire, L. R. & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science*, 253(5026), 1380-1386. doi: 10.2307/2878741
- Squire, L. R. (1992). Declarative and non-declarative memory. Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4(3), 232-243. doi: 10.1162/jocn.1992.4.3.232
- Squire, L. R. & Zola-Morgan, S. (1998). Episodic memory, semantic memory, and amnesia. *Hippocampus*, 8(3), 205-211. doi: 10.1002/(SICI)1098-1063(1998)8:3<205::AID-HIPO3>3.0.CO;2-I
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning & Memory*, 82(3), 171-177. doi: 10.1016/j.nlm.2004.06.005
- Squires, N. K., Squires, K. C. & Hillyard, S. A. (1975). Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38(4), 387-401. doi: 10.1016/0013-4694(75)90263-1
- Supp, G. G., Schlögl, A., Gunter, T. C., Bernard, M., Pfurtscheller, G. & Petsche, H. (2004). Lexical memory search during N400: Cortical couplings in auditory comprehension. *Neuroreport*, 15(7), 1209-1213.
- Thioux, M., Pesenti, M., Costes, N., De Volder, A. & Servon, X. (2005). Task-independent semantic activation for numbers and animals. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 284-290. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.02.009
- Thompson-Schill, S. L., Swick, D., Farah, M. J., D'Esposito, M., Kan, I. P. & Knight, R. T. (1998). Verb generation in patients with focal frontal lesion: A neuropsychological test of neuroimaging findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(26), 15855-15860.
- Trautner, P., Dietl, T., Staedtgen, M., Mecklinger, A., Grunwald, T., Elger, C. E. et al. (2004). Recognition of famous faces in the medial temporal lobe. *Neurology*, 63(7), 1203-1208. doi: 10.1212/01.WNL.0000140487.55973.D7
- Trenner, M. U., Schweinberger, S. R., Jentzsch, I. & Sommer, W. (2004). Face repetition effects in direct and indirect tasks: An event-related brain potentials study. *Cognitive Brain Research*, 21(3), 388-400. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2004.06.017
- Trimmel, M. (2013). *Allgemeine Psychologie 2: Kognitive Psychologie*. Wien: Facultas.

- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory* (pp. 381–403). New York, NY: Academic Press.
- Tulving, E., Hayman, C. A. G. & Macdonald, C. A. (1991). Long-lasting perceptual priming and semantic learning in amnesia: A case experiment. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(4), 595-617. doi: 10.1037/0278-7393.17.4.595
- Tulving, E., Kapur, S., Craik, F. I. M., Moscovitch, M. & Houle, S. (1994). Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: Positron emission tomography findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(6), 2016-2020.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory: Quo vadis? In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences* (pp. 839-847). Cambridge, MA: MIT Press.
- Tulving, E. & Markowitsch, H. J. (1998). Episodic and declarative memory: Role of the hippocampus. *Hippocampus*, 8(3), 198-204. doi: 10.1002/(SICI)1098-1063(1998)8:3<198::AID-HIPO2>3.0.CO;2-G
- Vargha-Khadem, F., Gadian, D. G., Watkins, K. E., Connely, A., Paesschen, W. van & Mishkin, M. (1997). Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science*, 277(5324), 376–380. doi: 10.1126/science.277.5324.376
- Vermeulen, J., Aldenkamp, A. P. & Alpherts, W. C. J. (1993). Memory complaints in epilepsy: Correlations with cognitive performance and neuroticism. *Epilepsy research*, 15(2), 157-170. doi: 10.1016/0920-1211(93)90096-P
- Verleger, R. (2003). Event-related EEG potential research in neurological patients. In A. Zani & Proverbio, A. M. (Eds.), *The cognitive electrophysiology of mind and brain* (pp. 309-341). Amsterdam: Academic Press.
- Visser, M., Embleton, K. V., Jefferies, E., Parker, G. J. & Lambon-Ralph, M. A. (2010). The inferior, anterior temporal lobes and semantic memory clarified: Novel evidence from distortion-corrected fMRI. *Neuropsychologia*, 48(6), 1689-1696. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.02.016
- Vitevitch, M. S. & Donoso, A. (2011). Processing of indexical information requires time: Evidence from change deafness. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(8), 1484-1493. doi: 10.1080/17470218.2011.578749
- Voltzenlogel, V., Després, O., Vignal, J.-P., Steinhoff, B. J., Kehrli, P. & Manning, L. (2006). Remote memory in temporal lobe epilepsy. *Epilepsia*, 47(8), 1329-1336. doi:

10.1111/j.1528-1167.2006.00555.x

- Wagenmakers, E. J., Steyvers, M., Raaijmakers, J. C. W., Shiffrin, R. M., Rijn, H. van & Zeelenberg, R. (2004). A model for evidence accumulation in the lexical decision task. *Cognitive Psychology*, 48(3), 332-367. doi: 10.1016/j.cogpsych.2003.08.001
- Wagner, A. D., Paré- Blagoev, J., Clark, J. & Poldrack, R. A. (2001). Recovering meaning: Left prefrontal cortex guides controlled semantic retrieval. *Neuron*, 31(2), 329-338. doi: 10.1016/S0896-6273(01)00359-2
- Walhovd, K. B., Fjell, A. M., Reinvang, I., Lundervold, A., Fischl, B., Quinn, B. T. et al. (2006). The functional and structural significance of the frontal shift in the old/new ERP effect. *Brain Research*, 1081(1), 156-170. doi: 10.1016/j.brainres.2006.01.076
- Wang, Q. & Yuan, J. (2008). N400 lexicality effect in highly blurred chinese words: Evidence for automatic processing. *Neuroreport*, 19(2), 173-178. doi: 10.1097/WNR.0b013e3282f3e3f2
- Whatmough, C., Verret, L., Fung, D. & Chertkow, H. (2004). Common and contrasting areas of activation for abstract and concrete concepts: An H₂¹⁵O PET study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7), 1211-1226. doi: 10.1162/0898929041920540
- West, W. C. & Holcomb, P. J. (2000). Imaginal, semantic, and surface-level processing of concrete and abstract words: An electrophysiological investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(6), 1024-1037. doi: 10.1162/08989290051137558
- Wiggs, C. L., Weisberg, J. & Martin, A. (1999). Neural correlates of semantic and episodic memory retrieval. *Neuropsychologia*, 37(1), 103-118. doi: 10.1016/S0028-3932(98)00044-X
- Wilde, N., Strauss, E., Chelune, G. J., Loring, D. W., Martin, R. C., Hermann, B. P. et al. (2001). WMS-III performance in patients with temporal lobe epilepsy: Group differences and individual classification. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 7(7), 881-891.
- Wilkinson, H., Holdstock, J. S., Baker, G., Herbert, A., Clague, F. & Downes, J. (2012). Long-term accelerated forgetting of verbal and non-verbal information in temporal lobe epilepsy. *Cortex*, 48(3), 317-332. doi: 10.1016/j.cortex.2011.01.002
- Yamaguchi, S. & Knight, R. T. (1991). Anterior and posterior association cortex contributions to the somatosensory P300. *The Journal of Neuroscience*, 11(7), 2039-2054.
- Zubizaray, G. I., Rose, S. E. & McMahon, K. L. (2011). The structure and connectivity of semantic memory in the healthy older adult brain. *Neuroimage*, 54(2), 1488-1494. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.08.058

ANHANG

Anhang A. Soziodemographischer Fragebogen

Datum: _____
Code: _____
UntersucherIn: _____

Stammdaten des Probanden/ der Probandin

Geburtsdatum

Monat: _____ Jahr: _____

Geschlecht

- ☐ weiblich
- ☐ männlich

Familienstand

- ☐ verheiratet
- ☐ geschieden/verwitwet
- ☐ in eingetragener Lebensgemeinschaft
- ☐ in Lebensgemeinschaft
- ☐ ledig

Höchster Bildungsabschluss

- ☐ Volksschule
- ☐ Sonderschule
- ☐ Hauptschule/Mittelschule/Polytechnische Schule
- ☐ Allgemeinbildende/berufsbildende höhere Schule (Matura/Abitur)
- ☐ Universität
 - ☐ Bachelor
 - ☐ Master/Magister
 - ☐ Doktorat/PhD
- ☐ Fachhochschule
 - ☐ Bachelor
 - ☐ Master/Magister

Berufstätigkeit

- ☐ berufstätig
- ☐ nicht berufstätig
- ☐ in Ausbildung:
 - ☐ Schule
 - ☐ Studium
 - ☐ andere Ausbildung:

Nationalität

- ☐ Österreich
- ☐ andere: _____

Muttersprache

- ☐ deutsch
- ☐ andere: _____

Anhang B. Lebenslauf

Judith Ifkovits

Ausbildung

1996-2000	Volksschule Rohrbrunn
2000-2008	BG/BRG Fürstenfeld (Sprachenzweig Französisch)
seit 2008	Diplomstudium Psychologie an der Universität Wien (2. Abschnitt, derzeit im 11. Semester)

Berufserfahrung

07/2006	Betreuung eines dreijährigen Kleinkindes (privat), Burgenland
08/2009	Praktikum Gesundheitsforum Burgenland (Wohnheim für Menschen mit psychischen Problemen) Aufgaben: Betreuung von Arbeitsgruppen, Mithilfe in den Werkstätten, kreative Aufgaben
07-08/2010	Praktikum Jugend am Werk Landstraße/ Rennweg Aufgaben: Betreuung von Hauswirtschafts- und Kreativgruppen
07-08/2011	Pflichtpraktikum im Rahmen des Psychologiestudiums Jugend am Werk Rennweg Aufgaben: Betreuung von Menschen mit Behinderungen
12/2011	Praktikum im Rahmen eines wissenschaftlichen Projekts des AKH Wien zur Untersuchung der Aufmerksamkeit von Kindern und Jugendlichen: Aufgaben: Durchführung einer neuropsychologischen Studie
08/2012	Praktikum Sozialmedizinisches Zentrum Baumgartner Höhe Otto-Wagner-Spital (Psychiatrisches Zentrum, 5. Psychiatrische Abteilung), Aufgaben: Betreuung von Menschen mit psychischen Problemen, Teilnahme an Gruppentherapien, ärztlichen Behandlungen und sonstigen therapeutischen Programmen
seit 09/2012	Geringfügige Anstellung als Betreuung eines 3-jährigen Kindes

Sonstiges

EDV: Fundierte Kenntnisse in MS Word, Windows,
Internet

Sprachen: Englisch (in Wort und Schrift)
Französisch (in Wort und Schrift)

Sonstige:

Ausgebildete Mentorin für Studierende,
Diplomierte Mediatorin und Peer-Betreuerin,
Zertifizierte Babysitterin,
Führerschein Klasse B

Persönliche Hobbys:

Sport, Klavier (6 Jahre), Psychologie, Philosophie, Literatur