

Dietmar Roehm (Salzburg)

Psycho-/Neurolinguistik: Neuronale Korrelate der Verarbeitung grammatischer Variation

Abstract: Interindividuelle Unterschiede bei der Verarbeitung sprachlicher Strukturen haben bei experimentellen Untersuchungen zur Sprachverarbeitung mittels neurobasierter Verfahren lange Zeit keine oder bestenfalls eine untergeordnete Rolle gespielt. Während individuelle Verarbeitungsstrategien in Abhängigkeit von experimentellen Faktoren (z.B. Aufgabenstellung) relativ gut belegt sind (z.B. probandenspezifisches strategisches Verhalten bei der Verarbeitung von semantischen Relationen; Roehm et al. 2007), wurde der Einfluss von Variation in der Grammatik des Standarddeutschen in Korrelation zu Hirnprozessen bisher kaum berücksichtigt. In diesem Beitrag werde ich auf der Basis dreier EEG-Experimente aus unterschiedlichen Bereichen (Synästhesie, semantische Relationen, Auxiliarselektion bei intransitiven Verben) Beispiele für Verarbeitungskorrelate interindividueller Variation vorstellen und diskutieren.

1 Der Beginn der experimentellen Psychologie

Der Versuch einer systematischen Erfassung von Daten zur Untersuchung und Quantifizierung psychologischer Variablen lässt sich zumindest bis Wilhelm Wundt zurückverfolgen. Wundt, ein deutscher Physiologe, Psychologe und Philosoph, der 1832 in Neckarau bei Mannheim geboren wurde, gründete 1879 in Leipzig das erste „Institut für experimentelle Psychologie“ mit einem systematischen Forschungsprogramm. Mit seinem Ansatz, die Psychologie als eine empirische Disziplin zu etablieren, der die Aufgabe zukommt, Bewusstseinsvorgänge exakt zu analysieren, elementare Empfindungen zu messen, zusammengesetzte Bewusstseinsvorgänge und komplexe Wechselwirkungen zu zergliedern und die Gesetze jener Beziehungen aufzufinden, gilt er als Begründer der Experimentalpsychologie. Wundt vertrat die Überzeugung, dass „sich nichts in unserm Bewusstsein ereignet, was nicht in bestimmten physiologischen Vorgängen seine körperliche Grundlage fände“ (Wundt 1874, S. 858). Einer der frühen Befunde aus Wundts Labor war der von seinem damaligen Studenten James McKeen Cattell mittels chronometrischer Verfahren beobachtete Wortüberlegenheitseffekt (Cattell 1885). Cattell, der

auch Wundts erster Assistent war (Wundt 1920), beobachtete, dass Buchstaben (z.B. „t“) in Wörtern (z.B. „Piratenschiff“) schneller erkannt werden, als in Nichtwörtern (z.B. „Firetanpifsch“) oder wenn sie isoliert dargeboten werden (dies gilt zumindest für relativ kurze Wörter). Während chronometrische Verfahren jedoch lediglich eine indirekte Messung psychischer Vorgänge über die Erfassung von Antwortlatenzen (Reaktionszeiten) relativ zu einem Zielreiz zulassen, erlaubt die Messung von Hirnströmen mittels Elektroenzephalographie die unmittelbare Erfassung von psychophysiologischen Funktionsabläufen im Gehirn. Bereits 1875 berichtete der englische Arzt Richard Caton auf dem 43. Jahrestreffen der British Medical Association in Edinburgh über elektrische Ableitungen von der Hirnrinde von Kaninchen-, Katzen- und Affenhirnen (Caton 1875). Er beobachtete, dass es an Elektroden, die an verschiedenen Orten unmittelbar auf der Oberfläche der grauen Substanz angebracht waren, zu Stromschwankungen kam, die sich sowohl bei der Belichtung des Auges als auch beim Erwachen aus dem Schlaf, unter Anästhesie und beim Eintritt des Todes verstärkten. Jedoch war es erst der deutsche Neurologe und Psychiater Hans Berger, dem der Durchbruch gelang: 1929 publizierte er die ersten erfolgreichen EEG-Ableitungen vom intakten menschlichen Schädel (Berger 1929); ein Umstand, der Berger in späteren Jahren die Anerkennung als *Entdecker des menschlichen Elektroencephalogramms* einbrachte. Berger bestätigte und erweiterte dabei nicht nur frühere Befunde von Untersuchungen mit Tieren im Hinblick auf die Funktionsweise des menschlichen Gehirns, sondern lieferte zudem eine umfassende Beschreibung der Bedingungen, unter denen diese rhythmischen EEG-Aktivitäten zu beobachten sind. Zudem validierte er die experimentellen Ergebnisse des ukrainischen Physiologen Vladimir Pravdich-Neminsky (1913), dem es gelungen war, elektrische Spannungsschwankungen im Gehirn von Hunden nicht nur auf der Hirnrinde selbst, sondern auch von der Oberfläche der Hirnhäute und vom Schädelknochen abzuleiten. Pravdich-Neminsky unterschied zudem zwischen zwei unterschiedlichen rhythmischen Aktivierungsmustern, die er als Wellen erster und zweiter Ordnung bezeichnete und für die Berger dann später die Bezeichnungen Alpha- und Beta-Wellen wählte. In seiner Abhandlung beschrieb Berger auch den umgekehrten Zusammenhang zwischen Amplitude und Frequenz von EEG-Rhythmen. Sein größtes Verdienst liegt jedoch sicherlich in der ersten Beschreibung eines objektiven EEG-Korrelates mentaler Zustände: Die beobachteten rhythmischen Aktivierungen im EEG verändern sich als Funktion von Änderungen kognitiver Zustände. Ein Alpha-Rhythmus zeigt sich beim gesunden Erwachsenen im entspannten Wachzustand, wenn die Augen geschlossen sind. Der sogenannte Berger-Effekt (bzw. Alpha-Blockade) tritt dann ein, wenn die Person die Augen öffnet und/oder mental beansprucht wird (d.h. Alpha-Wellen werden während des

Problemlösens kleiner und verstärken sich bei entspanntem Wachzustand). Dieser Effekt war der entscheidende Startpunkt für den Bereich der psychophysiologischen EEG-Forschung (Altenmüller/Gerloff 1999). Das EEG ermöglichte es plötzlich, elektrische Potenziale in der wohlstrukturierten Form von Hirnwellen aufzudecken und in eine objektivierbare Form zu bringen, die wiederum als System von Potenzialen eine Art Sprache im Sinne einer Handschrift darstellte, die nur darauf wartete entziffert zu werden (Borck 2008). Die neue Disziplin fokussierte auf den Zusammenhang zwischen EEG-Frequenzen und Verhalten.

Allerdings erwiesen sich in der Folge die anfänglich großen Hoffnungen, über die Erfassung von Hirnströmen (mittels EEG) das Gehirn in seiner eigenen Sprache schreiben zu lassen und so seine Funktionsweise lesbar zu machen, als zu optimistisch. Während das Phänomen der Alpha-Blockade (sowie die damit einhergehende Zunahme an Beta-Wellen) mit bloßem Auge beobachtbar ist, bedingt eine feinkörnigere Analyse der beteiligten Frequenzanteile (bzw. der zugrundeliegenden Frequenzdynamik) ein geeignetes computationelles Analyseverfahren. Erst mit der Entwicklung der schnellen Fourier-Transformation (FFT) durch Cooley/Tukey (1965) war ein Algorithmus zur effizienten Berechnung der diskreten Fourier-Transformation gefunden, mit der ein digitales (Zeit-)Signal in seine Frequenzanteile zerlegt und dann analysiert werden kann (Power-Spektralanalyse). Die Einführung der FFT führte nicht nur zu einer erheblichen Vereinfachung der Datenanalyse, sondern auch zu einer breiteren Nutzung von Frequenzanalysen in der psychophysiologischen Forschung. Dennoch waren konsistente Ergebnisse eher überschaubar. Als Konsequenz wechselten viele Forscher in den neuen, seit Anfang der 1950er Jahre zunehmend aufblühenden Bereich der Verwendung von evozierten Potenzialen.

2 Bergers Erben

Bereits im Jahr 1951 wurde von G.D. Dawson die elektromechanisch basierte Summationsmethode als Mittelungstechnik in die EEG-Forschung eingeführt. Erst die Entwicklung industriell gefertigter digitaler Computer in den frühen 1960er Jahren ermöglichte es jedoch zahlreichen Laboratorien, die Mittelungstechnik auf elektrophysiologische Daten anzuwenden. Dieser Meilenstein bildete die Grundlage für eine entscheidende Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses bei der EEG-Analyse und führte schließlich zur Entdeckung kleiner endogener ereigniskorrelierter Potentiale (EKPs). EKPs sind kleine Potentialänderungen im fortlaufenden EEG, die zeitlich an einen sensorischen oder kognitiven Reiz (z.B. die

Präsentation eines Wortes) gebunden sind. Da diese durch einen Reiz induzierten Potentialänderungen im Vergleich zum bestehenden „Hintergrund“-EEG sehr schwach sind (in etwa 2–8 μV für sprachliche Reize relativ zu 10–100 μV für die Spontanaktivität der Hirnrinde), können sie nur durch spezifische Mittelungsverfahren sichtbar gemacht werden. In der Tat wird üblicherweise angenommen, dass das fortlaufende EEG im Wesentlichen aus Rauschen besteht, aus dem das EKP-Signal extrahiert werden muss. EKPs repräsentieren daher die Mittelung aus einer Anzahl von Wiederholungen (Trials) derselben experimentellen Bedingung und stellen somit einen Schätzwert der durch die Reizpräsentation erzeugten ereignisabhängigen neuronalen Aktivierung dar.

Nachdem die Bedeutung dieser endogenen Potenziale Mitte der 1960er Jahre erkannt wurde, konzentrierte sich die EEG-basierte Forschung nahezu ausschließlich auf die Untersuchung von EKP-Komponenten (Altenmüller/Gerloff 1999). Diese Tendenz wurde verstärkt durch die Entwicklung digitaler Computertechniken, die es erlaubten, EKPs mit speziellen Computerprogrammen zu berechnen und als zeitabhängige-Funktion darzustellen (Barlow 1957; Brazier 1960). Tatsächlich konnte gezeigt werden, dass die relativ zum Auftreten eines Ereignisses aufgezeichneten und aus dem EEG gemittelten EKPs hinsichtlich mehrerer messbarer Parameter (Amplitudenstärke, Latenz, Polarität, Topographie) systematisch mit Stimuluseigenschaften (z.B. Tonhöhe, Farbe, Intensität) variierten.

Dennoch dauerte es erneut nahezu zwei Dekaden, bevor ein tatsächlicher Durchbruch im Bereich EEG und Sprache erzielt werden konnte: Marta Kutas und Steven A. Hillyard (1980) berichteten in einer Science-Publikation zum ersten Mal ein eindeutiges sprachrelatives EKP-Korrelat. In einer bahnbrechenden Studie untersuchten sie die Verarbeitung von englischen Sätzen in drei unterschiedlichen Bedingungen. Die Bedingungen waren in Abhängigkeit vom satzfinalen Wort entweder syntaktisch und semantisch wohlgeformt (1a), induzierten eine Plausibilitätsverletzung durch ein semantisch unpassendes Wort (1b) oder endeten mit einem Wort, das eine physikalische Abweichung (Buchstabengröße) enthielt, aber ansonsten semantisch und syntaktisch unmarkiert war (1c).

- (1) a. It was his first day at work.
 - b. He spread the warm bread with socks.
 - c. She put on her high heeled SHOES.
- (Kutas/Hillyard 1980)

Dabei wurde jeweils die Aktivität auf dem kritischen satzfinalen Wort gemessen. Während die physikalische Abweichung zu einem späten positiven Potential

führte, löste die semantische Verletzung eine späte negative Komponente mit einem Amplitudenmaximum bei ungefähr 400 ms nach Beginn der Präsentation des kritischen Worts aus (= N400). In der Folge stellte sich heraus, dass die N400 nicht nur ein Korrelat semantischer Plausibilität ist, sondern auch durch eine Fülle anderer Faktoren beeinflusst wird. Sie wird moduliert durch die Häufigkeit eines Wortes, den Satzkontext, die Wiederholung in Abhängigkeit vom lexikalischen Status (offene vs. geschlossene Wortklasse) und dem Grad der Unerwartetheit eines Wortes sowie durch eine Reihe anderer lexikalisch-semantischer und kontextueller Faktoren (für eine Übersicht siehe Kutas/Federmeier 2011). Zudem konnte gezeigt werden, dass die N400 ein Teil der normalen Hirnaktivierung in Reaktion auf Wörter und andere bedeutungsvolle (bzw. potenziell bedeutungsvolle) Reize darstellt (einschließlich geschriebener und gesprochener Wörter, Gebärden in der Gebärdensprache, Bilder, Gesichter, Geräusche und Gerüche). In Abhängigkeit vom Grad der semantischen Relatiertheit eines Wortes zum (vorherigen) Kontext (z.B. bei der Präsentation von Wortpaaren) kommt es zu graduellen N400-Effekten: je stärker die semantische Relation, desto geringer fällt der Effekt aus. Kutas/Federmeier (2000) konnten darüber hinaus zeigen, dass es sich bei der N400 um eine erwartungsgeleitete neuronale Reaktion handelt. Englische Muttersprachler lasen Sätze (*So along the driveway they planted ...*), die mit drei unterschiedlichen Nomen endeten (*palms/pines/tulips*). Obwohl die unterschiedlichen satzfinalen Wörter bezogen auf den unmittelbaren Satzkontext die gleiche Plausibilität besaßen, zeigte sich in Abhängigkeit von der vorherigen Präsentation eines Kontextsatzes (*They wanted to make the hotel look more like a tropical resort.*) ein abgestufter N400-Effekt: eine stark reduzierte N400 für das basierend auf dem Kontext erwartete Nomen „*palms*“, eine mittlere N400 für das unerwartete Nomen „*pines*“ und die stärkste Negativierung für das unerwartete Nomen „*tulips*“. Der eigentlich überraschende Effekt ist die graduelle N400-Abstufung zwischen den zwei nicht erwarteten Nomen. Dieser beruht auf einer erwartungsbasierten Voraktivierung des Zielwortes und einem damit einhergehenden Bahnungseffekt für das semantisch relatierte Nomen („*pines*“).

Obwohl EKP-basierte Untersuchungen zur Sprachverarbeitung in Folge der Befunde von Kutas/Hillyard (1980) sprunghaft zunahmen und zu einer Fülle von Publikationen führten, dauerte die Suche nach einem syntaktischen EKP-Korrelat als Pendant zur lexikalisch-semantischen N400 noch ein ganzes Jahrzehnt. Erst Anfang der 1990er Jahre wurde man dann fündig. Osterhout/Holcomb (1992) beschrieben eine späte positive Komponente, die mit einer breiten parietalen Verteilung und einer Latenz von ca. 600 ms nach Stimulusbeginn als Korrelat einer syntaktischen Verletzung auftrat. Sie bezeichneten diese Komponente als P600.

Tatsächlich fanden sie diese P600 nicht nur bei klarer Ungrammatikalität (wie in (2)), sondern auch bei sogenannten Gartenpfadsätzen (wie in (3)), bei denen eine temporäre strukturelle Ambiguität zu einer fehlerhaften Strukturzuweisung/Syntaxanalyse führt, die dann auf der Basis inkompatibler Information revidiert werden muss.¹

- (2) * The broker hoped to sell the stock was sent to jail.
 (3) The broker persuaded to sell the stock was sent to jail.

Es wurde daher u.a. vorgeschlagen, dass die P600 ein Index von syntaktischen Reanalyse- und Reparaturprozessen sei. Darüber hinaus wurde die P600 auch in Sätzen mit einer komplexeren syntaktischen Struktur (z.B. bei W-Fragen) gefunden und als Korrelat erhöhter syntaktischer Integrationskosten diskutiert (z.B. Kaan et al. 2000). Allerdings findet sich die P600 nicht nur bei syntaktischen Verarbeitungsschwierigkeiten. So berichtet zum Beispiel Burkhardt (2005, 2006) eine P600 bei der Etablierung von neuen Diskursreferenten in einem mentalen Modell. Da P600-Effekte auch außerhalb der sprachlichen Domäne gefunden wurden (z.B. bei der Verletzung mathematischer Regeln; Lelekov/Dominey/Garcia-Larrea 2000), wurde vorgeschlagen, dass die P600 immer dann auftritt, wenn – sprachunabhängig – ein Stimulus schwierig in die Struktur eines vorangehenden Kontexts zu integrieren ist.

Mittlerweile wurde eine ganze Fülle von weiteren EKP-Effekten als Korrelat von Verarbeitungsprozessen in unterschiedlichsten Domänen (z.B. Kongruenzverletzungen, Scrambling, Subjektspräferenz) gefunden, auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen werden kann (für eine relativ konzise Übersicht siehe z.B. Kaan 2007; für einen umfassenderen Überblick siehe z.B. Bornkessel-Schlesewsky/Schlesewsky 2009).

¹ Hier kann bedingt durch „to“ die Hauptsatzlesart von „The broker persuaded“ mit „persuaded“ als finitem Verb nicht aufrechterhalten werden. In der korrekten Lesart ist „persuaded“ als infinites Verb Teil eines reduzierten Relativsatzes.

3 Was kann die Methode darüber hinaus? Neuronale Korrelate der Verarbeitung interindividueller Variation²

3.1 Biologisch determinierte interindividuelle Unterschiede

Im Folgenden soll anhand synästhetischer Wahrnehmung ein Beispiel für biologisch determinierte interindividuelle kognitive Verarbeitungsunterschiede gegeben werden. Am häufigsten sind Synästhesien, die durch sprachliche Codes (Buchstaben, Zahlen und Wörter) ausgelöst werden. Dabei treten meistens visuelle synästhetische Wahrnehmungen auf (Muster, Farben). Bei der Graphem-Farbe-Synästhesie lösen Grapheme (Buchstaben, Zahlen, Noten, o.Ä.) eine spezifische Farbwahrnehmung aus. Die Häufigkeit dieser spezifischen Synästhesieform bei Menschen mit synästhetischen Wahrnehmungen liegt bei ca. 45% (laut Simner et al. 2006). In einem im Rahmen meiner Arbeitsgruppe durchgeführten EKP-Experiment³ mussten Probanden mit Graphem-Farbe-Synästhesie beurteilen, ob die ihnen visuell Wort-für-Wort auf einem Bildschirm präsentierten Sätze semantisch plausibel oder unplausibel waren. Dazu wurde jeweils das satzfinale Wort in drei unterschiedlichen Bedingungen manipuliert: a) In einer neutralen Bedingung endeten die Sätze entweder mit einem semantisch kongruenten oder inkongruenten Farbwort (Adjektiv) (*Frisches Blut leuchtet in hellem rot/weiß*); b) in einer zweiten Bedingung wurden die Farbwörter durch die entsprechenden Farben (kleine Quadrate) ersetzt; c) in der dritten Bedingung wurden (für jeden Probanden individuell) die Farbwörter durch Ziffern/Buchstaben ersetzt, die jeweils eine synästhetische Farbwahrnehmung auslösten, die entweder dem semantisch kongruenten Farbwort entsprach oder nicht (z.B. *Herkömmliche Vollmilchschokolade ist 9/6*; wobei 9 = braun und 6 = grün). Für die ersten zwei Bedingungen zeigten alle Probanden einen N400-Effekt für die semantisch inkongruente Farbe relativ zur kongruenten, unabhängig davon, ob die Farbe als Farbwort oder Farbfläche präsentiert wurde. In der dritten Bedingung zeigten Probanden nur dann einen kontextbedingten N400-Effekt für semantische Inkongruenz, wenn ihnen Ziffern/Buchstaben präsentiert wurden, die mit ihrer spezifischen Farbwahrnehmung verknüpft und kompatibel bzw. inkompatibel waren.

² Interindividuelle Variation bezieht sich auf Unterschiede zwischen zwei (oder mehreren) Individuen.

³ Die EKP-Studie wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit in meiner Arbeitsgruppe durchgeführt (vgl. dazu Köchler 2014).

3.2 Strategische interindividuelle Unterschiede

Roehm et al. (2007) untersuchten in einer EKP-Studie die Verarbeitung von semantischen Relationen. Dazu präsentierten sie Wortpaare sequenziell auf einem Computerbildschirm. Die Probanden hatten die Aufgabe zu entscheiden, ob es sich bei den präsentierten Wortpaaren um Antonyme handelte oder nicht. Das Stimulusmaterial umfasste drei verschiedene Bedingungen: 1) tatsächliche Antonympaare (*schwarz – weiß*), 2) Wörter, die zwar stark zueinander related waren, bei denen es sich jedoch nicht um Antonyme handelte (*schwarz – gelb*), und 3) Wortpaare, die in keiner semantischen Relation zueinander standen (*schwarz – nett*). Die EKPs wurden jeweils auf dem zweiten Wort gemessen. Die Hypothese war, dass sich in Abhängigkeit vom Grad der Relatedheit der Wörter ein abgestufter N400-Effekt zeigen sollte: Die stärkste N400 für nicht-relatede Wortpaare, eine reduzierte N400 für relatede Wortpaare und eine maximal reduzierte N400 für Antonyme. Überraschenderweise zeigten sich jedoch personenabhängig zwei unterschiedliche EKP-Muster. Bei in etwa der Hälfte der Probanden trat tatsächlich der erwartete abgestufte N400-Effekt auf. Bei der anderen Hälfte war allerdings ein davon abweichendes Muster zu beobachten. Zwar fand sich bei diesen Probanden bei den Nicht-Antonymen ebenfalls ein abgestufter N400-Effekt, jedoch trat für Antonyme eine frühe Positivierung (P300) auf, die als neurophysiologisches Korrelat im Sinne einer „Zieldetektion“ als Indikator für prädiktive Verarbeitungsprozesse interpretiert wurde. Auf der Basis des ersten Wortes kann das dazugehörige Antonym (Wort zwei) bereits vor der Präsentation desselben antizipiert werden, sodass beim Erscheinen des zweiten Wortes nur mehr ein Abgleich zwischen der Prädiktion und dem tatsächlich präsentierten Wort gemacht werden muss (im Sinne eines „du bist es“ oder „du bist es nicht“). Während also die eine Gruppe bezogen auf die Antonym-Aufgabe eine eher passive, abwartende Strategie wählte („Schau’n mer mal“), zeigte die andere Gruppe eine aktive, prädiktive Verarbeitungsstrategie. Interessanterweise fanden sich in einem weiteren Experiment, bei dem die gleichen Wortpaare (X, Y) in dem starren Satzrahmen „Das Gegenteil von X ist Y“ präsentiert wurden, keinerlei Verarbeitungsunterschiede zwischen den einzelnen Probanden. Hier zeigte sich bedingt durch den Satzkontext für alle Probanden eine P300 für Antonyme als Korrelat einer prädiktiven Verarbeitung. Diese Ergebnisse zeigen, dass es in Abhängigkeit von mit einer Aufgabenstellung verbundenen Faktoren (z.B. Instruktion, Satzkontext) zu individuell unterschiedlichen Verarbeitungsstrategien kommen kann, die sich auf Basis neurophysiologischer Korrelate differenzieren lassen.

Es lässt sich auf Basis der bisher vorgestellten Ergebnisse also festhalten, dass die Methode der EKPs (als die Erfassung neurophysiologischer Korrelate der Sprachverarbeitung) offenbar gut geeignet ist, um Variation im Bereich der

Sprachverarbeitung an der Schnittstelle zwischen Semantik und Syntax untersuchen bzw. erfassen zu können. Im Folgenden werde ich anhand eines Experiments zur Auxiliarselektion im Deutschen ein Beispiel für die Verarbeitung semantisch bedingter sprachlicher Variation geben.

4 Variation im Bereich der Auxiliarselektion – interindividuelle Unterschiede an der Syntax-Semantik Schnittstelle

4.1 Auxiliarselektion im Deutschen

Im Deutschen kann man bei intransitiven Verben zwei Klassen in Bezug auf die Wahl der Auxiliare im periphrastischen Perfekt beobachten („Split Intransitivity“).⁴ Während transitive Verben im Perfekt stets mit dem Auxiliar „haben“ einhergehen, findet man bei intransitiven Verben sowohl *haben-* als auch *sein-*Perfekt.⁵ Aus einer Verarbeitungsperspektive erfordert Sprachverstehen in Echtzeit ein effizientes Mapping zwischen der Form und der Bedeutung eines sprachlichen Ausdrucks. Das Vorhandensein von systematischen Korrespondenzen zwischen Form und Bedeutung ist dabei sehr hilfreich. In vielen Sprachen liefert das Auxiliar (*sein* vs. *haben*) einschränkende Information über den Typ des nachfolgenden intransitiven Verbs, das heißt, ob es sich dabei eher um ein unakkusativisches/ergatives (4a) oder unergatives (4b) Verb handelt, und entsprechend, ob dessen Subjekt eher die thematische Rolle des Patiens/Themas, unwillentlichen Verursachers (4a), oder die des Agens (4b) innehat (Dowty 1991; Van Valin 1990).⁶

4 Ich folge hier der Einteilung von Burzio (1986), der zeigte, dass es sich bei der in der traditionellen Grammatik als intransitive Verben bezeichneten Klasse der einstelligen Verben um eine nicht homogene Klasse handelt, bei der man zwei Unterklassen unterscheiden kann: die intransitiven unakkusativischen/ergativen Verben und die intransitiven unergativen Verben (die „echten“ intransitiven Verben).

5 Eine Ausnahme davon bilden allerdings einige von Wöllstein-Leisten et al. beschriebene Verben, „[...] die ihr Perfekt mit *sein* bilden, ansonsten aber ein syntaktisches Verhalten aufweisen, das dem transitiver Verben entspricht“ (1997, S. 101).

6 Bei unakkusativischen/ergativen Verben verhält sich das Subjekt des intransitiven Verbs wie das direkte Objekt transitiver Verben. Bei unergativen Verben verhält sich das Subjekt wie das Subjekt transitiver Verben.

Italienisch:

- (4) a. Il bambino è arrivato/*ha arrivato in ritardo
Das Kind ist/hat angekommen spät
b. I bambini hanno giocato/*sono giocati tutto il pomeriggio
Die Kinder haben gespielt/sind gespielt den ganzen Nachmittag

Allerdings gibt es im Bereich der Auxiliarselektion bei intransitiven Verben auch Verben, die in Abhängigkeit von Eigenschaften des Prädikats sowohl *sein* als auch *haben* selektieren können (Levin/Rappaport Hovav 1995; Diedrichsen 2002), sodass die Distinktion nicht so eindeutig ist, wie es manch einer möglicherweise gerne hätte (vgl. 5).

- (5) Die Dose ist/hat sofort gerostet.

Unter diesen Umständen liefert ein Auxiliar dem Sprachverarbeitungssystem keinen eindeutigen Hinweis auf die Verbbedeutung bzw. die semantische Rolle des Subjekts. Die Undeterminiertheit (Flexibilität) mancher intransitiver Verben gegenüber der Rigidität anderer Verben an der Syntax-Semantik Schnittstelle ist dabei allerdings nicht das einzige Problem. Hinzu kommt die Erkenntnis, dass eine binäre Distinktion zwischen unakkusativischen/ergativen und unergativen Verben (vgl. Unakkusativ-Hypothese; Perlmutter 1978; Burzio 1986; zum Deutschen vgl. Grewendorf 1989) ebenfalls problematisch ist, da sich nicht alle Verben innerhalb einer Verbkategorie in gleicher Weise verhalten. Stattdessen variiert die Präferenz für das eine oder andere Auxiliar systematisch in Abhängigkeit von aspektuellen Eigenschaften des Verbs und kontextuellen Faktoren (z.B. bei Direktional- und Resultativprädikation). Dies wurde insbesondere in den Arbeiten von Sorace und Kollegen thematisiert (z.B. Keller/Sorace 2003; Sorace 2000, 2004).⁷

Sorace (2000) hat vorgeschlagen, dass intransitive Verben in einer Hierarchie der Auxiliarselektion („Split Intransitivity Hierarchy“ – SIH) organisiert sind. Dabei wird die Anordnung der Verben von zwei Kernfaktoren bestimmt, deren Interaktion die Syntax von „Split Intransitivity“ (d.h. den syntaktischen Status der Verben) beeinflusst und dadurch gradiente Präferenzen hinsichtlich der Auxiliarselektion generiert: telische Veränderung (als Kerneigenschaft von Unakkusativität) und atelische Aktivität ohne Bewegung (als Kerneigenschaft von

⁷ Zu den Eigenschaften ergativer Verben (*ankommen, erwachen, fallen, einschlafen, verblühen*) im Deutschen zählen u.a.: attributiv gebrauchtes Partizip: *Die Rose ist verblüht/die verblühte Rose*; kein Passiv: **es wurde gewachsen/*es wurde verblüht*; keine -er-Nominalisierung: **Wachser/*Verblüher/*Ankommer*.

Unergativität). Je näher ein Verb bei den Kerneigenschaften („core“) liegt, desto determinierter ist sein syntaktischer Status als unakkusativisch oder unergativisch. Je weiter weg ein Verb von den Kerneigenschaften ist, desto indeterminierter ist es. Die Sensitivität gegenüber kontextuellen oder kompositionellen Faktoren korreliert mit der Distanz eines Verbs zu den Kerneigenschaften. Statische und nicht-agentive Verben sind daher am stärksten indeterminiert und unterliegen somit am ehesten syntaktischer Alternation.

Aus einer Verarbeitungsperspektive stellt sich die Frage, wie das menschliche Sprachverstehensystem mit einer derartigen Flexibilität bei der Form-zu-Bedeutung-Abbildung umgeht und welche neuronalen Korrelate damit einhergehen.

4.2 Eine EKP-Studie zur Auxiliarselektion im Deutschen

In einer EKP-Studie untersuchten wir die Verarbeitung von rigiden gegenüber flexiblen intransitiven Verben (Roehm/Sorace/Bornkessel-Schlesewsky 2013). Dazu wurden vier unterschiedliche Verbklassen ausgewählt: a) Verben der Ortsänderung („change of location“), b) präfigierte Verben der Zustandsänderung („prefixed change of state“)⁸, c) unpräfigierte Verben der Zustandsänderung („unprefixed change of state“), d) kontrollierte Prozessverben ohne räumliche Bewegung („non motional process“). Jede Verbklasse umfasste acht verschiedene Verben, für die jeweils zehn unterschiedliche Satzkontexte der Form NOMINALPHRASE/AUXILIAR/ADVERB/PARTIZIP konstruiert wurden (vgl. (6a)–(d)). Das gesamte kritische Stimulusmaterial wurde so auf zwei Listen à 320 Sätze aufgeteilt, dass jeder Satz in der einen Liste mit *haben* und in der anderen Liste mit *sein* präsentiert wurde. Zusätzlich wurden 80 Füllsätze (gleicher Form) konstruiert und jeder Liste hinzugefügt, von denen die Hälfte semantisch unplausibel waren (z.B. „Die Autorin wurde leicht gedünstet“).

- (6) a. Die Bergsteigerin ist/*hat vorsichtig aufgestiegen.
 b. Das Auto ist/*hat langsam verrostet.
 c. Die Dose ist/hat sofort gerostet.
 d. Die Lehrerin *ist/hat dauernd geredet.

⁸ Die Inklusion von präfigierten Verben der Zustandsänderung hatte zum Ziel, lexikalische Telizität von kompositioneller Telizität unterscheiden zu können. Auf diesen Aspekt wird jedoch im Weiteren nicht weiter eingegangen. Siehe dazu die Originalarbeit von Roehm/Sorace/Bornkessel-Schlesewsky (2013).

Die Sätze wurden phrasenweise auf einem Computerbildschirm präsentiert (Nominalphrasen und Verben für 450 ms, Auxiliare und Adverbien für 400 ms, jeweils mit einem Interstimulusintervall von 100 ms). Die Probanden hatten die Aufgabe, die Sätze zu lesen und am Ende eines jeden Satzes die Akzeptabilität des Satzes zu beurteilen. Dazu mussten sie als Reaktion auf ein 550 ms nach dem Ende des Satzes präsentiertes Fragezeichen eine von zwei Tasten (JA/NEIN) drücken.⁹ 32 rechtshändige Muttersprachler des Deutschen (17 weiblich) mit einem Durchschnittsalter von 23,97 Jahren (Altersspanne: 20–30 Jahre) nahmen an der Untersuchung teil.

Die Auswertung der Verhaltensdaten lieferte das auf Basis der „Split Intransitivity Hierarchy“ erwartete Resultat: Verben der Ortsänderung und präfigierte Verben der Zustandsänderung zeigten die für telische Veränderung charakteristische klare Präferenz für *sein* (93,5% und 88,6%), während die am anderen Ende der Skala liegenden kontrollierten Prozessverben ohne räumliche Bewegung eine eindeutige Präferenz für *haben* (94,3%) aufwiesen. Bei unpräfigierten Verben der Zustandsänderung zeigte sich hingegen kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen *sein* und *haben* (65,0% vs. 61,0%).

Die Ergebnisse der EKP-Untersuchung bestätigten dieses Bild. Hinsichtlich der EKP-Korrelate fand sich kein qualitativer Unterschied bei der Verarbeitung von rigiden unakkusativischen und unergativen sowie präfigierten Verben. Für alle drei Verbklassen zeigte sich für dispräferierte relativ zu präferierten Auxiliaren ein biphasisches N400/späte Positivierung Muster (vgl. Abb. 1A, B und D). Dabei wurde die N400 als Korrelat eines Mismatch-Effektes zwischen der durch das jeweilige Auxiliar aufgebauten Erwartung für einen bestimmten lexikalischen Aspekt und den Eigenschaften des tatsächlich vorgefundenen Verbs interpretiert, während die späte Positivierung (P600) als Reflex eines Kategorisierungsprozesses angesehen wurde, bei dem Sätze mit einem dispräferierten Auxiliar als ungrammatisch klassifiziert werden. Für die in Bezug auf lexikalischen Aspekt indeterminierten unpräfigierten Verben der Zustandsänderung zeigte sich hingegen – analog zu den Verhaltensdaten – kein EKP-Effekt (d.h. kein Verarbeitungsunterschied zwischen *haben* und *sein*; vgl. Abb. 1C).

⁹ Für weitere technische Details siehe Roehm/Sorace/Bornkessel-Schlesewsky (2013).

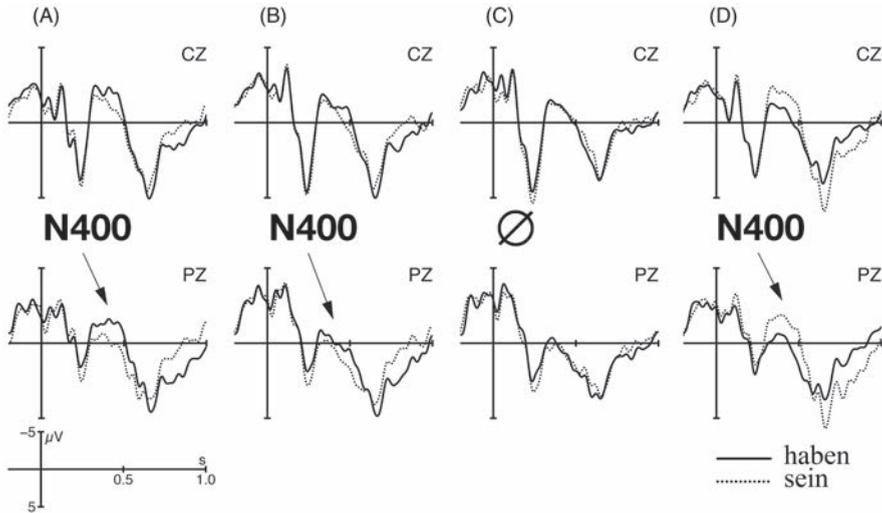


Abb. 1: EKP-Befunde zur Auxiliarselektion bei intransitiven Verben im Deutschen an zwei ausgewählten zentralen Elektrodenpositionen: (A) Verben der Ortsänderung, (B) präfigierte Verben der Zustandsänderung, (C) unpräfigierte Verben der Zustandsänderung, (D) kontrollierte Prozessverben ohne räumliche Bewegung. Gemessen wurde auf dem satzfinalen Verb im Kontext des Auxiliars *haben* (= durchgezogene Linie) und *sein* (= gestrichelte Linie) (vgl. Roehm/Sorace/Bornkessel-Schlesewsky 2013)

Es stellt sich nun allerdings die Frage, warum für diese Verben keine signifikanten Präferenzeffekte – sowohl hinsichtlich der gradienten Akzeptabilitätsbeurteilung als auch in den über Items und Probanden gemittelten EKPs – zu beobachten sind. Zwei mögliche Szenarien könnten ursächlich der beobachteten Datenlage zugrunde liegen: 1) Diese Verben sind – basierend auf ihrer Stellung innerhalb der „Split Intransitivity Hierarchy“ – hinsichtlich ihres syntaktischen und/oder semantischen Status tatsächlich unterspezifiziert, sodass es keinen Konflikt mit einer auf der Basis von *haben* oder *sein* aufgebauten Erwartung gibt, oder 2) das Fehlen eines Effekts ist das Ergebnis der Mittelungsprozedur (siehe Freunberger in diesem Band), also das Resultat einer Mittelung über gradiente Antworten, die sich jeweils von Item zu Item unterscheiden. Letzteres Szenario legt nahe, dass eine detailliertere Analyse der EKP-Daten Auxiliarselektionseffekte/-präferenzen auch für unpräfigierte Verben der Zustandsänderung aufdecken könnte.

Zur Klärung der Frage, inwieweit dies tatsächlich der Fall ist, führten wir eine Feinanalyse der Daten (für die Verbklasse der unpräfigierten Verben der Zustandsänderung) mittels linearer gemischter Modelle (Baayen 2008; Baayen/Davidson/Bates 2008) durch. Die Modelle beinhalteten den fixen Faktor AUXILIAR und die

gekreuzten zufälligen Faktoren PROBANDEN und ITEMS. Darüber hinaus wurden in die Analyse jeweils Probanden-Akzeptabilität (= individuelle probanden-abhängige Akzeptabilitätsbeurteilung für jeden Auxiliartyp, gemittelt über Verben) und/oder Item-Akzeptabilität (= Akzeptabilitätsbeurteilung pro Auxiliartyp für individuelle Items, gemittelt über Probanden) als Prädiktor inkludiert. Beide Modelle wurden sowohl für das N400- als auch das P600-Zeitfenster berechnet.

Tatsächlich führte die Inklusion der Akzeptabilitätsbeurteilungen zu einer deutlichen Verbesserung der Modelle. Obwohl sich unpräfigierte Verben der Zustandsänderung aus einer oberflächlichen Perspektive indeterminiert verhalten, zeigte sich für beide EKP-Zeitfenster eine Interaktion zwischen Auxiliarselektion und Akzeptabilität. Allerdings war die Ursache der Interaktion in beiden Zeitfenstern unterschiedlich: Für das N400-Zeitfenster erwies sich die Item-basierte Akzeptabilität und für das P600-Zeitfenster die Probanden-basierte Akzeptabilität als jeweils besserer Prädiktor.

Im N400-Zeitfenster war diese Interaktion ausschließlich bedingt durch eine negative Korrelation der N400-Amplitude mit der Item-basierten Akzeptabilität für das Auxiliar *haben*. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Intuition, dass Zustandsänderung stets einen gewissen Grad an Telizität impliziert, und demnach näher am *sein*- als am *haben*-Ende der „Split Intransitivity Hierarchy“ rangiert. Insofern sollten tendenziell telische Verben einen (wenn auch nur schwachen) Mismatch im Anschluss an das Auxiliar *haben* zeigen. Dieser Befund einer Item-basierten N400-Modulation unterstützt dabei die Interpretation, dass der N400-Effekt durch einen Mismatch zwischen einer durch das Auxiliar ausgelösten Erwartung und den tatsächlichen aspektuellen Eigenschaften eines Verbs eliziert wird.

Im P600-Zeitfenster zeigte sich überraschenderweise ein inverses Muster. Hier war die P600-Amplitude deutlich stärker (positiver) für diejenigen Probanden, die eine höhere Akzeptabilität für unpräfigierte Verben der Zustandsänderung mit *haben* aufwiesen. Dieser positive Zusammenhang spricht gegen eine Interpretation der Positivierung als Reflex eines Mismatches zwischen erwartetem und tatsächlichem Verbtyp, da das zu beobachtende Muster dann genau umgekehrt sein sollte (d.h. eine stärkere Positivierung für geringere Akzeptabilität). Viel eher impliziert die akzeptierte Verwendung dieser Verben mit *haben* eine Lesart, in der die Verben eher als Prozess denn als Zustandsänderung interpretiert werden. Es handelt sich dabei also im Grunde um eine pragmatische Anreicherung mit dem Ziel, eine Aktivitätslesart eines telischen Verbs zu „erzwingen“, um damit eine Kompatibilität zwischen dem Auxiliar *haben* und dem Verb herzustellen (vgl. „aspectual coercion“; Dölling 1995, 2014). Gelingt die Anreicherung, steigt die Akzeptabilität für *haben*. Die Tatsache, dass diese Korrelation ausschließlich von der Probanden-basierten Akzeptabilität abhängt, suggeriert, dass

dieser Prozess interindividueller Variation unterworfen ist und somit einigen Individuen zugänglicher ist als anderen.

Die Ergebnisse der Feinanalyse der EKP-Daten unter Berücksichtigung der Probanden- und Item-abhängigen Akzeptabilitätsbeurteilungen zeigen, dass der vermeintliche Nulleffekt bezüglich der Auxiliarselektion von unpräfigierten Verben der Zustandsänderung ein Resultat des Mittelungsprozesses (über Items und Probanden) und nicht die Folge einer Indifferenz des kognitiven Verarbeitungssystems gegenüber der Auxiliarselektion bestimmter Verbklassen ist. Vielmehr lässt sich die oberflächliche Indeterminiertheit auf graduelle verbsemantische Eigenschaften („*telicity at some level*“) sowie interindividuelle Variation zurückführen. Während die N400-Amplitude systematisch mit Item-basierten aspektuellen Präferenzen korreliert (auch für Verben, die lexikalisch nicht für Telizität spezifiziert sind), korreliert die P600-Amplitude für indetermierte Verben positiv mit Probanden-abhängigen Akzeptabilitätsbeurteilungen in Abhängigkeit von der individuellen Zugänglichkeit pragmatischer Anreicherung.

Einfacher formuliert legen die Ergebnisse nahe, dass die scheinbare Indeterminiertheit dieser Verbklasse das Produkt zweier gegenläufiger Mechanismen ist: je klarer die jeweilige Verbsemantik des unakkusativischen/ergativen Verbs Telizität impliziert, desto weniger akzeptabel ist eine Verwendung mit *haben*; umgekehrt steigt jedoch die Akzeptabilität mit *haben* für unakkusativische/ergative Verben insofern es einem Probanden mittels pragmatischer Anreicherung gelingt, ein an sich telisches Verb im Sinne einer Aktivitäts-/Prozessesart zu (re)interpretieren. Insgesamt weisen die Ergebnisse also darauf hin, dass (oberflächliche) Indeterminiertheit an der Syntax/Semantik-Schnittstelle qualitativ ähnlich verarbeitet wird, wie konsistente (rigide) Form-Bedeutung-Zuweisungen.

5 Fazit

Seit der Veröffentlichung der ersten wissenschaftlichen Publikation zu EKPs und Sprachverstehen von Marta Kutas und Steven Hillyard (1980) hat sich der Bereich der „Elektrophysiologie der Sprache“ in rasantem Tempo weiterentwickelt. Unterschiedlichste linguistische Phänomene wurden untersucht, und es wurde eine Vielzahl von EKP-Komponenten entdeckt, die sich als nützlich bei der Erforschung von Sprachverstehen in Echtzeit erwiesen haben. Die Stärke der EEG/EKP-Methode liegt dabei aber nicht nur in ihrer exzellenten zeitlichen Auflösung oder in ihrer breiten Anwendbarkeit auf verschiedenste Fragestellungen und Probandenpopulationen (z.B. Kinder, ältere Menschen, Patienten). Sie liegt auch darin, dass man damit unbewusste, automatisch ablaufende Verarbeitungspro-

zesse untersuchen kann, die auf der Basis reiner Verhaltensdaten nicht zugänglich sind. Insgesamt zeigen die hier vorgestellten Daten und Ergebnisse, dass individuelle Variation, insbesondere im Bereich der Verarbeitung sprachlicher Strukturen, einen unmittelbaren Niederschlag in den Gehirnreaktionen besitzt. Dieser kann mit EEG als Methode erfolgreich gemessen und mittels statistischer Verfahren „sichtbar“ und interpretierbar gemacht werden. Eine systematische EEG-basierte Untersuchung von Variation ist gleichwohl noch so gut wie Neuland. Die bisherigen Ergebnisse lassen allerdings vermuten, dass sich damit auch andere Bereiche sprachlicher/grammatischer Variation in der Sprachverarbeitung nachweisen lassen.

Literatur

- Altenmüller, Eckart O./Gerloff, Christian (1999): Psychophysiology and the EEG. In: Niedermeyer, Ernst/Lopes da Silva, Fernando (Hg.): *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields*. 4. Aufl. Baltimore, S. 637–655.
- Baayen, R. Harald (2008): *Analyzing linguistic data: A practical introduction to statistics*. Cambridge.
- Baayen, R. Harald/Davidson, Doug J./Bates, Douglas M. (2008): Mixed effects modeling with crossed random effects for subjects and items. In: *Journal of Memory and Language* 59, S. 390–412.
- Barlow, John S. (1957): An electronic method for detecting evoked responses of the brain and for reproducing their average waveforms. In: *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 9, S. 340–343.
- Berger, Hans (1929): Über das Elektroencephalogramm des Menschen. 1. Mitteilung. In: *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheit* 87, S. 527–570.
- Borck, Cornelius (2008): Recording the brain at work: The visible, the readable, and the invisible in Electroencephalography. In: *Journal of the History of the Neurosciences* 17, S. 367–379.
- Bornkessel-Schlesewsky, Ina/Schlesewsky, Matthias (2009): *Processing syntax and morphology: A neurocognitive perspective*. Oxford.
- Brazier, Mary A.B. (1960): Some uses of computers in experimental neurology. In: *Experimental Neurology* 2, S. 123–142.
- Burkhardt, Petra (2005): *The syntax-discourse interface: Representing and interpreting dependency*. Amsterdam.
- Burkhardt, Petra (2006): Inferential bridging relations reveal distinct neural mechanisms: Evidence from event-related brain potentials. In: *Brain and Language* 98, S. 159–168.
- Burzio, Luigi (1986): *Italian syntax: A government-binding approach*. Dordrecht.
- Caton, Richard (1875): The electric currents of the brain. In: *British Medical Journal* 2, S. 278.
- Cattell, James McKeen (1885): Ueber die Zeit der Erkennung und Benennung von Schriftzeichen, Bildern und Farben. In: *Philosophische Studien* 2, S. 635–650.
- Cooley, James W./Tukey, John W. (1965): An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. In: *Mathematics of Computation* 19, S. 267–301.

- Dawson, G.D. (1951): A summation technique for detecting small signals in a large irregular background. In: *Journal of Physiology* 115, S. 2–3.
- Diedrichsen, Elke (2002): Zu einer semantischen Klassifikation der intransitiven haben- und sein-Verben im Deutschen. In: Katz, Graham/Reinhard, Sabine/Reuter, Philip (Hg.): *Sinn & Bedeutung VI. Proceedings of the Sixth Annual Meeting of the Gesellschaft für Semantik*, Osnabrück, 8.–10. Oktober 2001. Osnabrück, S. 37–52.
- Dölling, Johannes (1995): Ontological domains, semantic sorts and systematic ambiguity. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 43, S. 785–807.
- Dölling, Johannes (2014): Aspectual coercion and eventuality structure. In: Robering, Klaus (Hg.): *Aspects, phases, and arguments: Topics in the semantics of verbs*. Amsterdam, S. 189–226.
- Dowty, David (1991): Thematic proto-roles and argument selection. In: *Language* 67, S. 547–619.
- Grewendorf, Günther (1989): *Ergativity in German*. Dordrecht.
- Kaan, Edith (2007): Event-related potentials and language processing: A brief overview. In: *Language and Linguistics Compass* 1, S. 571–591.
- Kaan, Edith et al. (2000): The P600 as an index of syntactic integration difficulty. In: *Language and Cognitive Processes* 15, S. 159–201.
- Keller, Frank/Sorace, Antonella (2003): Gradient auxiliary selection and impersonal passivization in German: An experimental investigation. In: *Journal of Linguistics* 39, S. 57–108.
- Köchler, Maria (2014): *Aspekte und Eigenschaften des Phänomens Synästhesie mit genauer Betrachtung der Graphem-Farbe-Synästhesie*. Unveröff. Bachelor-Arbeit.
- Kutas, Marta/Hillyard, Steven A. (1980): Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. In: *Science* 207, S. 203–205.
- Kutas, Marta/Federmeier, Kara D. (2000): Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. In: *Trends in Cognitive Sciences* 4, S. 463–470.
- Kutas, Marta/Federmeier, Kara D. (2011): Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). In: *Annual Review of Psychology* 62, S. 621–647.
- Lelekov, Taissia/Dominey, Peter F./Garcia-Larrea, Luis (2000): Dissociable ERP profiles for processing rules vs. instances in a cognitive sequencing task. In: *Neuroreport* 11, S. 1129–1132.
- Levin, Beth/Rappaport Hovav, Malka (1995): *Unaccusativity: At the syntax-semantics interface*. Cambridge.
- Osterhout, Lee/Holcomb, Phillip L. (1992): Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. In: *Journal of Memory and Language* 31, S. 785–806.
- Perlmutter, David M. (1978): Impersonal passives and the unaccusative hypothesis. In: Jaeger, Jeri J. et al. (Hg.): *Proceedings of the Fourth Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society, Berkeley, February 18–20, 1978*. Berkeley, S. 157–189.
- Pravdich-Neminsky, Vladimir (1913): Ein Versuch der Registrierung der elektrischen Gehirnerscheinungen. In: *Zentralblatt für Physiologie* 27, S. 951–960.
- Roehm, Dietmar et al. (2007): To predict or not to predict: Influences of task and strategy on the processing of semantic relations. In: *Journal of Cognitive Neuroscience* 19, S. 1259–1274.
- Roehm, Dietmar/Sorace, Antonella/Bornkessel-Schlesewsky, Ina (2013): Processing flexible form-to-meaning mappings: Evidence for enriched composition as opposed to indeterminacy. In: *Language and Cognitive Processes* 28, S. 1244–1274.
- Simner, Julia et al. (2006): Synaesthesia: The prevalence of atypical cross-modal experiences. In: *Perception* 35, S. 1024–1033.
- Sorace, Antonella (2000): Gradients in auxiliary selection with intransitive verbs. In: *Language* 76, S. 859–890.

- Sorace, Antonella (2004): Gradience at the lexicon-syntax interface: Evidence from auxiliary selection. In: Alexiadou, Artemis/Everaert, Martin/Anagnostopoulou, Elena (Hg.): The unaccusativity puzzle: Explorations of the syntax-lexicon interface. (= Oxford Studies in Theoretical Linguistics 5). Oxford, S. 243–268.
- Van Valin, Robert D., Jr. (1990): Semantic parameters of split intransitivity. In: *Language* 66, S. 221–260.
- Wöllstein-Leisten, Angelika et al. (1997): *Deutsche Satzstruktur. Grundlagen der syntaktischen Analyse*. Tübingen.
- Wundt, Wilhelm (1874): *Grundzüge der physiologischen Psychologie*. Leipzig.
- Wundt, Wilhelm (1920): *Erlebtes und Bekanntes*. Stuttgart.