



Speicher- oder Berechnungseffizienz? Zur mentalen Repräsentation von Flexionsparadigmen

Storage or Computational Efficiency:
The Mental Representation of Inflectional Paradigms

Efektywność pamięciowa czy obliczeniowa?
O mentalnej reprezentacji paradygmatów fleksyjnych

Abstract: The question of how inflected forms are represented in mental lexicons has been the subject of many studies for more than 20 years now. Are inflected forms stored in long-term memory in their entirety or are they a result of some computations? What details of their internal structure are recorded in mental lexicons? This article discusses how morphological relationships are represented in long-term memory, and explores the psychological feasibility of inflectional paradigms from the perspective of memory and computational efficiency.

Key words: storage efficiency, computational efficiency, mental lexicon, inflectional paradigm

Abstract: Wie die flektierten Formen im mentalen Lexikon repräsentiert sind, ist ein Themenbereich, mit dem sich zahlreiche Studien seit etwa 20 Jahren befasst haben. Werden flektierte Formen als vollständige Einträge im Langzeitgedächtnis gespeichert und von dort aus abgerufen oder durch eine Berechnungsoperation gebildet? Welche Informationen über die interne Struktur der flektierten Wörter sind im mentalen Lexikon abgelegt? Der vorliegende Beitrag diskutiert die Frage nach der Repräsentation der morphologischen Beziehungen im Langzeitgedächtnis und der psychischen Realität von wortspezifischen Flexionsparadigmen aus der Perspektive der Speicher- und Berechnungseffizienz.

Schlüsselwörter: Speichereffizienz, Berechnungseffizienz, mentales Lexikon, Flexionsparadigma

Abstrakt: Zagadnienie, w jaki sposób formy fleksyjne są reprezentowane w leksykonie mentalnym, było przez ponad 20 lat przedmiotem wielu badań. Czy formy fleksyjne są przechowywane w pamięci długotrwałej jako całość, czy też powstają w wyniku operacji obliczeniowych? Jakie informacje o ich wewnętrznej strukturze są zapisane w leksykonie mentalnym? W niniejszym artykule omówiono kwestię reprezentacji relacji morfologicznych w pamięci długotrwałej oraz psychologiczną realność paradygmatów fleksyjnych z perspektywy pamięciowej i obliczeniowej efektywności.

Słowa kluczowe: efektywność pamięciowa, efektywność obliczeniowa, leksykon mentalny, paradygmat fleksyjny

Welche Rolle spielt die wortinterne Struktur im Prozess der Abbildung der auditiv oder visuell wahrgenommenen Informationen auf das mentale Lexikon? Ist die morphologische Analyse vor dem lexikalischen Zugriff erforderlich? Die Frage nach der Transparenz der

morphologischen Beziehungen für das Worterkennungssystem geht auf die langjährige Kontroverse zwischen symbolischen und konnektionistischen Positionen zurück, wobei das englische Flexionssystem als Arena für den Kampf zwischen Anhängern der beiden Ansätze diente. Die Debatte zwischen den Befürwortern des Symbolismus und den Verfechtern des Konnektionismus umspannt viele Facetten, doch in Bezug auf die Architektur des mentalen Lexikons und die Worterkennung betrifft sie die Frage, ob die Verarbeitung der Flexionsparadigmen eine Berechnung auf der Grundlage der symbolischen Regeln involviert oder in assoziativen Netzwerken ohne symbolische Regeln zustande kommt. Das Dilemma kann man auch aus einer Effizienzperspektive betrachten. Zu fragen ist nämlich, ob die Kognition die Speicher- oder Berechnungseffizienz zu maximieren versucht. Bei der Berechnungseffizienz, die als ein grundlegendes Prinzip gilt, würde ein großer Druck vorliegen, flektierte Wörter als ganze Formen zu repräsentieren und sie so schnell wie möglich zu erkennen. Das entgegengesetzte Extrem bildet eine mentale Architektur, die nur auf die Erhöhung der Speichereffizienz eingestellt ist. In diesem Fall würden flektierte Wörter nie als distinkt durch ihre konstituierenden Morpheme repräsentiert, weil dies zusätzliche Speicherkosten mit sich brächte. Mit Blick auf die mentale Repräsentation der wortinternen Struktur ist somit zu fragen, ob es effizienter ist, im mentalen Lexikon nur das abzulegen, was von der Regel nicht abgeleitet werden darf, oder jede Information zu speichern und vom effizienten Zugriff und Speicherplatz abhängig zu sein. Im ersten Fall wird postuliert, dass morphologisch komplexe Wörter (derivierte oder flektierte) in ihre Komponenten, Stämme und Affixe, vor dem lexikalischen Zugriff obligatorisch dekomponiert werden (*full-parsing*-Modell; z. B. TAFT/ARDRASINSKI, 2006)¹; im zweiten Fall geht man davon aus, dass jede Wortform einen separaten Eintrag im mentalen Lexikon hat und keine morphologische Analyse vor dem lexikalischen Zugriff stattfindet (*full-listing*-Modell, BUTTERWORTH, 1983).

Ohne morphologische Analyse kommen auch konnektionistische *Single-Mechanism*-Modelle aus (z. B. MCCLELLAND/PATTERSON, 2002). Die Verfechter des konnektionistischen Ansatzes argumentieren, dass es nicht notwendig ist, symbolische Regeln anzunehmen oder sogar mentale Repräsentation der Flexionsparadigmen zu postulieren, weil alle Flexionstypen im Rahmen der verteilten Repräsentationen im assoziativen Gedächtnis erklärt werden können. Alle flektierten Formen, darunter auch Vergangenheitsformen, und ihre Stämme werden als separate Einträge im mentalen Lexikon repräsentiert und auf der Basis ihrer phonologischen Verbindung zu den entsprechenden Präsensformen abgerufen. Sie sollen auch aufgrund der relativen Stärke phonologischer und semantischer Merkmale (*cues*) vollständig

¹ Für morphologisch komplexe Wörter wird in dem *full-parsing*-Modell von Taft eine obligatorische Zerlegung in Stamm und Affix angenommen, was schwerwiegende Konsequenzen für die Art und Weise hat, wie der Input verarbeitet wird. Insbesondere müssen einzelne Teile des Inputs als diejenigen identifiziert werden, die dem Stamm entsprechen, während andere als Affixe kategorisiert werden. Dies hat zur Folge, dass bei morphologisch komplexen Wörtern der lexikalische Zugriff nicht von links nach rechts, sondern diskontinuierlich erfolgt. Problematisch ist in diesem Zusammenhang der Diskriminationspunkt (*uniqueness point*), ab dem die morphologisch komplexen Wörter erkannt werden. Nach dem *full-parsing*-Modell kann ein Wort nicht erkannt werden, bevor der Stamm identifiziert wird. Die psycholinguistische Literatur liefert jedoch Hinweise, dass die morphologisch komplexen Wörter nach einem links-nach-rechts-Modus verarbeitet werden (z. B. SCHRIEFERS/ZWITSERLOOD/ROELOFS, 1991).

präzifizierbar sein. Aus dieser Perspektive gibt es keine spezifische morphologische Repräsentation oder Verarbeitung. Die Regeln sind nur deskriptive Entitäten und alle Formen werden durch den gleichen gedächtnisbasierten Mechanismus verarbeitet. Die Fähigkeit, bestimmte Flexionsmuster auf neue Elemente zu verallgemeinern, ergibt sich aus der assoziativen Natur des mentalen Lexikons und nicht aus einem separaten regelgeleiteten Prozess. Der Verallgemeinerungsprozess wird hauptsächlich durch die Frequenz der Kookkurrenz und Ähnlichkeit zwischen den Elementen verursacht. So sollen ähnlich klingende Partizipien im mentalen Lexikon miteinander eng verbunden sein, was die Bildung von Generalisierungen verstärkt. Statt ein Inputwort mit einer Repräsentation im mentalen Lexikon zu verbinden, wird hier als Prinzip vorausgesetzt, dass Laute mit Lauten verknüpft werden. Da ähnliche Wortformen Laute teilen, überlagern sich deren Repräsentationen teilweise und jede schon gebildete Assoziation kann automatisch auf andere übertragen werden. Auch statistische Eigenschaften des sprachlichen Inputs wie Frequenz werden ohne abstrahierende Regelbildung in Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Wortformen umgesetzt.

Zwischen beiden Extremen gibt es jedoch Abstufungen, wie z. B. duale Modelle, die für die Repräsentation und Verarbeitung der regelmäßigen und unregelmäßigen Flexion zwei qualitativ distinkte Mechanismen annehmen. Ihre Grundannahme ist es, dass die strukturellen Unterschiede zwischen den regulären und irregulären Flexionsmustern eine allgemeine Charakteristik der menschlichen Sprachfähigkeit widerspiegeln: die Einteilung in Lexikon und Grammatik. Das einflussreichste Modell dieses Typs ist die Wörter-und-Regel-Theorie von Steven Pinker, die zwischen der Repräsentation und Verarbeitung von regulären und irregulären Flexionsmustern unterscheidet und zugleich einen Kompromiss zwischen den symbolischen und konnektionistischen Extremen darstellt (PINKER/PRINCE, 1988, PINKER/PRINCE, 1994, PINKER, 1999). Der erste Mechanismus ist ein regelbasierter symbolischer Prozessor zur Generierung von regulär flektierten Formen. Er verbindet Stämme mit Affixen. Bei der Sprachperzeption werden komplexe Wortformen über eine prälexikalische morphologische Analyse erkannt (regelbasierte Route). Dem zweiten Mechanismus liegt ein assoziatives Gedächtnis zugrunde und irreguläre Flexionsformen werden direkt von dort aus abgerufen (lexikalische Route).² Dabei werden probabilistische Kontingenzen wie Frequenzverteilung und Ähnlichkeitscluster aus den Inputdaten extrahiert. So unterliegen die irregulären Verben den lexikalischen Gedächtniseffekten wie Frequenzeffekte und Effekte der phonologischen Nachbarschaft.³ Während die regelbasierte Route Verbstämme mit Affixen verkettet, ist die lexikalische Route streng auf das Nachschlagen von vollständigen Einträgen limitiert.

An dieser Stelle muss man allerdings bedenken, dass Pinker in seinem Modell die Flexionsparadigmen nicht als metalinguistische Werkzeuge zur Beschreibung von Flexionssystemen betrachtet, wie dies in *Single-Mechanism*-Modellen angenommen wird, sondern

² Noam Chomsky und Morris Halle gehen von einer Speichereffizienz aus und nehmen an, dass alle Verben durch eine regelbasierte Route generiert werden (CHOMSKY/HALLE, 1968).

³ Für die Dichotomie „regelmäßig vs. unregelmäßig“ werden in der psycholinguistischen Literatur verschiedene Begriffe verwendet. So ordnet Harald Clahsen das Phänomen unter den Begriff *lexically based inflection* oder *inflection based on combinatorial rules* ein, während Pienie Zwitserlood und Mitarbeiter von *full listing* und *decomposition approaches* sprechen (CLAHSEN, 1999: 994, ZWITSERLOOD/BÖLTE/DOHMES, 2002: 385).

von ihrer psychischen Realität ausgeht, d. h. das morphologische Regelsystem ist als ein mentales Wissen repräsentiert und durch mentale Operationen implementiert. Dies scheint auf den ersten Blick äußerst problematisch zu sein, weil für produktive Flexionsklassen stets Teilregularitäten zu finden sind. Da es sich bei den Begriffen „regulär“ und „irregulär“ um recht vage Konzepte handelte, wurde der regulären Flexion das Kriterium der phonologischen Transparenz hinzugefügt. Demzufolge ist eine flektierte Form phonologisch transparent, wenn ihr Stamm mit dem Stamm der freien Form identisch ist. Die morphologisch komplexen Wörter sind zusammen mit ihren idiosynkratischen phonologischen Merkmalen im mentalen Lexikon gespeichert und phonologisch transparente Wörter werden auf der Grundlage ihrer Bestandteile erkannt. Daraus ergibt sich, dass bei phonologisch nicht transparenten Formen die reguläre Flexion weniger wahrscheinlich ist (vgl. dazu PINKER/PRINCE, 1988).

Anzumerken ist, dass die Wörter-und-Regel-Theorie keinesfalls postuliert, dass die regulär flektierten Formen nie assoziativ gespeichert werden, sondern dass sie nicht gespeichert werden müssen. Mit einem solchen Postulat entkräftet die Theorie das Argument, dass das menschliche Gedächtnis unterschiedliche Typen von verbalem Material wie Idiome und Klischees speichern kann.⁴ Im Grunde genommen kann jede Form im assoziativen Gedächtnis abgelegt werden, selbst wenn schon eine regelbasierte Route für deren Verarbeitung existiert. Die Wahrscheinlichkeit der Speicherung und – was damit zusammenhängt – des Abrufs über eine lexikalische Route ist von verschiedenen Faktoren, insbesondere von der Frequenz abhängig: Niedrigfrequente Formen werden eher durch das Regelsystem berechnet und hochfrequente eher aus dem assoziativen Gedächtnis abgerufen.

Betrachtet man die Grundideen der Wörter-und-Regel-Theorie unter dem Gesichtspunkt ihrer empirischen Voraussagen, dann ist es einleuchtend, dass die irregulär flektierten Formen in einer kürzeren Zeit als die regulär flektierten erkannt und produziert werden sollen, weil das Nachschlagen im lexikalischen Gedächtnis über die direkte Route erfolgt und somit schneller als die regelbasierte Generierung ist. Doch aus den empirischen Befunden ergibt sich genau das entgegengesetzte Bild. In einem Experiment von Mark Seidenberg, in dem die Probanden zunächst die Grundformen gelesen und dann die entsprechende Vergangenheitsform generiert haben, wurden die regulären Verbformen schneller als die irregulären produziert (SEIDENBERG, 1992). Erst der Unterschied zwischen der Lesezeit für Grundformen und der Generierungszeit für flektierte Formen konnte als Evidenz für die duale Route interpretiert werden. Mit anderen Worten, es dauerte bei den Probanden länger, die irregulären als die regulären Verbformen zu perzipieren, aber kürzer, sie zu produzieren. Auch eine neuere Studie von Clahsen und Mitarbeitern zur deutschen Flexion lieferte ähnliche

⁴ Zu beachten ist, dass das Gedächtnissystem in der Wörter-und-Regel-Theorie keine Liste von morphologisch komplexen Wortformen, also von Produkten morphologischer Transformationen enthält. Vielmehr ist es ein produktives assoziatives Gedächtnis mit verteilten Repräsentationen, über die die phonologischen und konzeptuell-semantischen Zuordnungen gelernt und gespeichert werden. Dieses Gedächtnissystem ist imstande, die Zuordnung von einzelnen morphologisch komplexen Verbformen (z. B. *sing* – *sang*) sowie Muster, die dieser Zuordnung gemeinsam sind (z. B. *sing* – *sang*, *spring* – *sprang*, *ring* – *rang*) zu lernen und diese Muster zu neuen Verbformen zu verallgemeinern (z. B. *spling* – *splang*).

Resultate (CLAHSEN/HANDLER/WEYERTS, 2004).⁵ Um diese Befunde zu erklären, muss sich Pinker den Begriff des Blockierungsmechanismus zu Hilfe nehmen: Eine irreguläre Form verhindert die Regelanwendung, um die Bildung einer ungrammatischen Form zu vermeiden (PINKER/PRINCE, 1994). Da nach der Wörter-und-Regel-Theorie die beiden Routen parallel operieren und das reine Nachschlagen im mentalen Lexikon schneller als der Prozess der Komposition ist, blockiert der Abruf der vorgespeicherten flektierten Verbform die Anwendung der Regel. Dabei spielt die Frequenz eine entscheidende Rolle: Hochfrequente Formen werden eindeutig schneller als niedrigfrequente abgerufen.⁶ Obwohl der Blockierungsmechanismus einen vielversprechenden Versuch darstellt, die empirischen Daten zu erklären, kann man sich nicht des Eindrucks erwehren, dass er kognitiv unökonomisch ist, was seine kognitive Plausibilität als Prinzip der menschlichen Verarbeitung in Frage stellt. Im Grunde genommen ist er nichts anderes als eine Art des Wartens, bis die lexikalische Route ihre Operationen beendet, und kann leicht umgangen werden, indem inkorrekt flektierte Formen auch produziert und verstanden werden können (z. B. **geh-te*, **ging-te*). Es fehlt auch an überzeugenden Nachweisen für seine Existenz. Zwar glauben Ned Sahin und Mitarbeiter die Indizien für das neuronale Korrelat des Blockierungsmechanismus gefunden zu haben (SAHIN/PINKER/HALGREN, 2006), weil sie bei der Verarbeitung der irregulären Flexion eine signifikante bilaterale Erhöhung der Aktivierung im anterioren *Sulcus cinguli* und supplementär-motorischen Areal beobachtet haben,⁷ aber eine Interpretation dieser Beobachtung als Nachweis für die neuronale Implementierung des Blockierungsmechanismus ist zu vage. Es ist auch nicht ganz klar, wie die entsprechende Route initiiert wird und ob die regelbasierte Route wirklich blockiert werden muss.⁸

⁵ Dabei ist es allerdings kritisch anzumerken, dass die Aussagekraft der oben berichteten Ergebnisse wegen des sog. *spill over*-Effekts, d. h. der Verquickung der Reaktions- und Lesezeit auf der letztens präsentierten lexikalischen Einheit, der sich hier offenbaren konnte, eingeschränkt wird (zum *spill over*-Effekt vgl. JUST/CARPENTER/WOLLEY, 1982).

⁶ Die Fachliteratur liefert seit langem eine Reihe von empirischen Belegen, die darauf hindeuten, dass hochfrequente Wörter schneller und sicherer erkannt und produziert werden als niedrigfrequente (vgl. dazu FORSTER/CHAMBERS, 1973). Dieses Phänomen kann als Effekt des lexikalischen Gedächtnisses aufgefasst werden: Da die Gedächtnisspuren der hochfrequenten Formen mit der zunehmenden sprachlichen Erfahrung stärker werden, sind sie leichter zugänglich als die niedrigfrequenten.

⁷ Der anteriore *Sulcus cinguli* und das supplementär-motorische Areal werden mit der Konfliktlösung oder Hemmung der habituellen Prozesse assoziiert, deswegen können sie entweder am Wettbewerb der parallel aktivierten Routen oder an der Blockierung der Regelanwendung beteiligt sein.

⁸ Um der Sache gerecht zu werden, muss man auch einschränkend bemerken, dass auch Modelle konnektionistischer Provenienz mit einigen Nachteilen behaftet sind, die man sich vor Augen führen muss. Eine Angriffsfläche für Kritik bietet die Tatsache, dass es dem konnektionistischen Ansatz schwer fällt, die Verarbeitung von Homophonen zu erklären. Der Grund dafür ist darin zu sehen, dass sich die konnektionistischen Modelle auf die Phonologie stützen und es nicht ganz klar ist, welcher Mechanismus der Auswahl einer bestimmten Form zugrunde liegt. Zwar glauben Brian MacWhinney und Jared Leinbach das Problem für die homophonen Verben *ring*, *wring*, *jump*, *want* und *run* gelöst zu haben, indem sie dem Netzwerk semantische Funktionen hinzufügen (MACWHINNEY/LEINBACH, 1991), aber das Problem, wie dies im Rahmen eines einheitlichen Modells darzustellen ist, besteht weiterhin.

Hiervon abgesehen lässt sich nicht bestreiten, dass es viele Studien gibt, die als Evidenz für das *Dual-Mechanism*-Modell interpretiert werden können⁹. Für die duale Route spricht, dass die Frequenzeffekte in vielen Studien insbesondere zum englischen Flexionssystem nur bei irregulär flektierten Verben beobachtet werden konnten, selbst wenn die Frequenz des Verbstammes kontrolliert wurde. Falls alle flektierten Verbformen als vollständige Einträge im mentalen Lexikon repräsentiert wären, wie dies die konnektionistischen Modelle postulieren, müssten sie – unabhängig von ihrem Flexionstyp – Frequenzeffekte zeigen, was jedoch nicht der Fall war.

An einigen Aspekten der Interpretation der Untersuchungsergebnisse ist jedoch Kritik geübt worden. Es wird insbesondere darauf aufmerksam gemacht, dass Englisch aufgrund seiner Flexionsarmut nicht der am besten geeignete Testfall für die Prüfung des psychologischen Status von Flexionsregeln ist, weil es im Englischen nur ein produktives Suffix gibt, mit dem die Vergangenheitsformen gebildet werden können, nämlich reguläres *-ed* und keine vorhersehbareren Endungen bei irregulären Verben (CLAHSEN, 1997). Außerdem sind reguläre Verben im Englischen frequenter als irreguläre und nur reguläre Formen enthalten ein dekomponierbares Affix. Dies kann zur Folge haben, dass potentielle Differenzen zwischen den regulären Formen wie *walk-ed* und irregulären wie *came* nicht auf den Flexionstyp (regulär vs. irregulär), sondern auf die Frequenzeffekte oder die An-/Abwesenheit des Affixes zurückgeführt werden können.¹⁰ Deutsch scheint besonders gut geeignet zu sein, das *Dual-Mechanism*-Modell auf den Prüfstand zu stellen, weil es hier anders als im Englischen keine direkte Korrelation zwischen dem Flexionstyp und der Frequenz gibt, d. h. die regulären Formen nicht gleichzeitig die häufigsten sind (MARCUS/BRINKMANN/CLAHSEN, 1996: 189; BORNKESSEL-SCHLESEWSKY/SCHLESEWSKY, 2009: 51). Aus diesem Grunde haben Clahsen und Mitarbeiter die Verarbeitung der deutschen Flexionsmuster einer kritischen Überprüfung unterzogen (vgl. die Übersicht in CLAHSN, 1999). In einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe wurden die deutschen t-Partizipien besser beurteilt als n-Partizipien und in einem Produktionsexperiment t-Partizipien häufiger auf Pseudowörter generalisiert als n-Partizipien, wobei für t-Partizipien keine Frequenzeffekte gefunden wurden (CLAHSEN/EISENBEISS/SONNENSTUHL, 1997). Die Deutung der Befunde von Clahsen im Rahmen eines *Dual-Mechanism*-Modells ist jedoch problematisch, weil die von Clahsen berichteten Ergebnisse nur unter bestimmten Prämissen als Evidenz für die duale Route taugen können. Der Grund dafür liegt in der unzulässigen Generalisierung, dass t-Partizipien und n-Partizipien etwa gleich häufig sind, so dass die bessere Leistung der Probanden bei t-Partizipien eventuell durch ihre Frequenz erklärbar ist. Weitere psycholinguistische Evidenz zugunsten des *Dual-Mechanism*-Modells kommt aus den *Priming*-Studien. So haben Ingrid Sonnenstuhl und Kollegen beispielsweise gezeigt, dass reguläre Partizipformen ihre Präsensformen voraktivierten, wobei der *Priming*-Effekt mit dem durch identische Wortpaare induzierten Effekt

⁹ Eine Evidenz für das *Dual-Mechanism*-Modell liefern u. a. die Studien zum Hebräischen (FROST/DEUTSCH/FORSTER, 2000), zum Griechischen (TSAPKINI/JAREMA/KEHAYIA, 2002), zum Portugiesischen (VERÍSSIMO/CLAHSEN, 2009) und zum Ungarischen (LUKACS/PLÉH, 1999).

¹⁰ Auf eine ähnliche Korrelation zwischen der Frequenz und dem Flexionstyp und eine starke morphophonologische Überlappung zwischen den Verbformen im Niederländischen verweisen z. B. de ZEEUW/SCHREUDER/VERHOEVEN (2013: 743).

vergleichbar war. Demgegenüber konnten für irreguläre Partizipien keine *Priming*-Effekte nachgewiesen werden (vgl. SONNENSTUHL/EISENBEISS/CLAHSEN, 1999).

Einen signifikanten Beitrag zur Verarbeitung der regulär/irregulär-Dichotomie haben neurophysiologische Studien erbracht. Durch die Aufzeichnung der ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) können nämlich die zeitlichen Merkmale der neurokognitiven Prozesse, die der syntaktischen und lexikalisch-semantischen Verarbeitung zugrunde liegen, ergründet werden. Die Befunde verweisen darauf, dass die N400¹¹ – das neurophysiologische Korrelat der lexikalisch-semantischen Verarbeitung – durch die Worthäufigkeit moduliert wird, wobei niedrigfrequente Wörter eine N400 mit einer höheren Amplitude als hochfrequente elizitieren (vgl. z. B. KUTAS/FEDERMEIER, 2011). In *Priming*-Studien zur Verarbeitung der Flexionsparadigmen wurde auch eine Reduktion der N400 beobachtet, wenn der Basisform des Verbs seine flektierte Form (z. B. *walked* – *walk*) oder dieselbe Basisform (z. B. *walk* – *walk*) vorausging. Für die irregulären Wortpaare (z. B. *kept* – *keep*) konnte eine Reduzierung der N400 nicht nachgewiesen werden (MÜNTE/SAY/CLAHSEN, 1999). Derartige Effekte wurden auch im Deutschen (WEYERTS/MÜNTE/SMID, 1996) und im Spanischen (RODRIGUEZ-FORNELLS/MÜNTE/CLAHSEN, 2002) nachgewiesen. Die Ergebnisse können zugunsten des *Dual-Mechanism*-Modells damit erklärt werden, dass eine als *Prime* präsentierte regulär flektierte Wortform eine Gedächtnisspur hinterlässt, dank der es möglich ist, die Repräsentation des Stammes zu reaktivieren, wenn *Target* erscheint. Die Tatsache, dass die Reduktion der N400 auf dem *Target* die Reaktivierung des zuvor dargebotenen Wortstimulus widerspiegeln soll, was bei irregulären *Primes* nicht passiert, lässt die Schlussfolgerung zu, dass es für regulär flektierte Verben nur einen lexikalischen Eintrag gibt, der durch *Prime* aktiviert und *Target* reaktiviert wird, aber zwei distinkte Einträge für irreguläre Verben, die keinen Primingeffekt verursachen.

Auf der Suche nach weiteren neuropsychologischen Erkenntnissen bezüglich der Verarbeitung der regulär/irregulär-Dichotomie sind weitere Untersuchungen von anderen Prämissen ausgegangen. Falls regulär flektierte Verbformen prälexikalisch, d. h. vor dem lexikalischen Zugriff über einen regelbasierten Prozess zerlegt werden und irregulär flektierte Verbformen eines direkten Zugriffs auf die vollständige Verbform bedürfen, so führen nur die inkorrekt regulär von irregulären Verben abgeleiteten Formen (z. B. **getrinkt*) zu einer Verletzung der morphologischen Regel. Demgegenüber sollen die inkorrekt irregulär gebildeten Formen der regulären Verben (z. B. **getanzen*) ein lexikalisches Zugriffsproblem erzeugen, weil sie im mentalen Lexikon nicht repräsentiert sind. So wird erwartet, dass beim Verstoß gegen die morphologischen Regeln die neurophysiologischen Korrelate der regelbasierten Verarbeitung eliziert werden, d. h. entweder eine LAN oder eine P600¹² und

¹¹ Die N400 ist eine zentral-parietale Negativierung, die ihre Höchstamplitude etwa 400 ms nach der Stimulusdarbietung erreicht. Die N400 wird traditionellerweise bei lexikalisch-semantischen Verletzungen beobachtet, d. h. wenn in einem Satzkontext semantisch unerwartete Wörter erscheinen. Sie reflektiert auch Schwierigkeiten bei der Integration des Inputs in den aktuell vorliegenden Kontext, d. h. bei dem Abgleich mit dem etablierten lexikalisch-semantischen Wissen (KUTAS/FEDERMEIER, 2011: 621ff., FRIEDERICI, 2002: 81).

¹² Die LAN mit der Höchstamplitude zwischen 300–500 ms soll die morphosyntaktische Verarbeitung (FRIEDERICI, 2002: 81) oder den Aufbau der morphologischen Struktur widerspiegeln (RODRIGUEZ-FORNELLS/CLAHSEN/LLEÓ, 2001: 57). Einer alternativen Deutung zufolge ist sie ein Indiz für eine

beim lexikalischen Zugriffsproblem ein Korrelat der lexikalisch-semantischen Verarbeitung, d. h. eine N400. Die N400 wurde tatsächlich in vielen Studien gefunden, in denen die irregulären Verben inkorrekt regulär flektiert wurden (**getrinkt*), während bei der inkorrekten irregulären Flexion (**gekochen*) eine LAN beobachtet werden konnte.¹³ Die Ergebnisse scheinen auf den ersten Blick die Vorhersagen des *Dual-Mechanism*-Modells zu bestätigen, doch es wird auch berichtet, dass die LAN nicht nur bei einer inkorrekten Kombination von Stamm und Affix eliziert wird, sondern auch dann, wenn das erforderliche reguläre Morphem als Markierung der Vergangenheitsform fehlt, z. B. *Yesterday I whipped/*whip an egg* (NEWMAN/ULLMAN/PANCHEVA, 2007). Aus diesem Grunde assoziieren Aaron Newman und Mitarbeiter die LAN eher mit der prozeduralen Sprachverarbeitung und interpretieren ihre Ergebnisse im Rahmen eines breiteren deklarativ/prozeduralen Modells (ULLMAN, 2004).

Evidenz für das *Dual-Mechanism*-Modell hat auch die Forschergruppe um Mark Allen erbracht (ALLEN/BADECKER/OSTERHOUT, 2003). In einer Studie haben die Probanden Sätze gelesen, in denen das Verb im Hinblick auf den Flexionstyp (regulär vs. irregulär), die Frequenz (hohe vs. niedrige) und die Grammatikalität (\pm Tempusverletzung) variierte. Für reguläre Verben haben die Forscher einen N400-Effekt für die Verbfrequenz und einen P600-Effekt für die Grammatikalität, doch keine Interaktion zwischen der Frequenz und Grammatikalität gefunden. Ganz anders haben sich die Ergebnisse für irreguläre Verben gestaltet. Hier könnte man eine Interaktion zwischen der Frequenz und Grammatikalität feststellen. Ein sehr interessanter Befund in dieser Studie war es, dass die P600 schneller bei Verletzungen der irregulären als der regulären Flexion hervorgerufen wurde. Eine andere wichtige Erkenntnis aus diesem Experiment ist es, dass sowohl Verletzungen der regulären als auch der irregulären Flexion eine P600 zur Folge hatten, aber nur bei irregulären Formen ihre Latenz mit der Verbfrequenz korrelierte. Daraus folgerten die Forscher, dass die irregulären Formen, auf die im mentalen Lexikon direkt zugegriffen wird, schneller Hinweise auf die Verletzung geben als reguläre Formen, die zuerst dekomponiert werden müssen. Wenn die Flexionsmerkmale der niedrigfrequenten Verben grundlegend anders als die der hochfrequenten verarbeitet würden, z. B. über eine direkte Route für hochfrequente Formen und eine regelbasierte Route für niedrigfrequente Formen, wie dies die *Dual-Route*-Modelle vorschlagen, dann könnte man erwarten, dass der Onset der P600 über Frequenzbedingungen variiert, was jedoch nicht der Fall war. Überraschenderweise berichten Allen und Mitarbeiter in ihrer Studie über keinen LAN-Effekt.

fehlerhafte Anbindung der syntaktischen Bestandteile – egal ob es sich um Morpheme oder Wörter handelt (HAGOORT/WASSENAAR/BROWN, 2003: 39). Auf einem domänenunspezifischen Interpretationsebene wird die LAN als Indiz für die Operationen des prozeduralen Gedächtnisses (ULLMAN, 2004: 250) oder der Verarbeitung von Symbolen interpretiert (HOEN/DOMINEY, 2000: 3187). Die P600 ist eine zentro-parietale Positivierung, die sich ab 500 ms mit einem posterioren Maximum um 600 ms entwickelt. In einer breiten Reihe von Untersuchungen mit verschiedenen syntaktischen Verletzungen wird die P600 als ein Reflex der Reanalyse in ambigen Sätzen oder als Reparatur in grammatisch inkorrekten Sätzen (FRIEDERICI, 2002: 79) bzw. der syntaktischen Integrationskosten (KAAN/HARRIS/GIBSON, 2000: 159ff.) gewertet.

¹³ Einen breit gefächerten Überblick darüber liefern BORNKESSEL-SCHLESEWSKY/SCHLESEWSKY (2009).

Bezüglich der neuronalen Lokalisation der Flexionsverarbeitung werden seitens *Single-* und *Dual-Mechanism-*Modelle unterschiedliche Vorhersagen gemacht, allerdings haben bildgebende Studien in dieser Hinsicht fragwürdige Ergebnisse erbracht. Grundsätzlich aktivieren die irregulären Formen größere Hirnareale als reguläre Formen, mit einer Tendenz zur bilateralen Aktivierung, wobei die Verarbeitung der regulären Flexion eher links lateralisiert ist (z. B. BERETTA/CAMPBELL/CARR, 2003). Die Forschungsliteratur liefert zwar Belege dafür, dass die Aktivierungsmuster vom Flexionstyp abhängen, und zwar mit einer erhöhten hämodynamischen Antwort im Frontallappen und/oder Basalganglien bei regulären Formen (z. B. BERETTA/CAMPBELL/CARR, 2003; JOANISSE/SEIDENBERG, 2005), aber frontale Aktivierung wurde auch bei irregulären Formen beobachtet (SAHIN/PINKER/HALGREN, 2006). Außerdem ist es nicht ganz klar, welchen Faktoren die erhöhte Aktivierung zuzuschreiben ist. Eine größere inferior-frontale Aktivierung für reguläre Formen kann auch auf phonologische Aspekte statt auf ihren morphologischen Status zurückgeführt werden (JOANISSE/SEIDENBERG, 2005). Außerdem gibt es auch Studien, die keinerlei Belege für distinkte Routen gefunden haben (z. B. SACH/SEITZ/INDEFREY, 2004). Von einigen Forschern lasen sich auch kritische Töne bezüglich des Untersuchungsdesigns vernehmen. So betrachten Ina Bornkessel-Schlesewsky und Matthias Schlewsky mit Recht die Ergebnisse der genannten Studie von Beretta und Mitarbeitern skeptisch, weil hier verschiedene Arten der irregulären Flexion als Teil einer einzigen „irregulären“ Bedingung geprüft wurden (BORNKESSEL-SCHLESEWSKY/SCHLESEWSKY, 2009: 58). Durch eine solche Vernachlässigung der morphologischen Subregularitäten konnten feinere Unterschiede im Aktivierungsmuster verdeckt werden.

All die oben ausgeführten Erkenntnisse zusammenfassend, scheint es auf den ersten Blick, dass es vor dem Hintergrund der bisherigen Befunde momentan nicht möglich ist, zuverlässige Aussagen über die Flexionsrepräsentation und -verarbeitung zu treffen. Trotz einer mittlerweile unübersichtlichen Fülle von Publikationen ist es bislang nicht gelungen, einen einheitlichen, empirisch nachprüfbaren Erklärungsansatz für das Phänomen des lexikalischen Zugriffs auf morphologisch komplexe Formen zu formulieren. Betrachtet man jedoch die Befunde aus einer übergreifenden Perspektive, so liegt die Vermutung nahe, dass das Problem eines weit subtileren Ansatzes bedarf. Insbesondere muss die Tatsache berücksichtigt werden, dass in einigen morphologiereichen Sprachen wie Italienisch (ORSOLINI/MARSLÉN-WILSON, 1997), Französisch (MEUNIER/MARSLÉN-WILSON, 2000) und Polnisch (REID/MARSLÉN-WILSON, 2002) bisher keine Beweise für den dualen Mechanismus gefunden wurden. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass die Zugänglichkeit der regelbasierten Route sprachspezifisch ist. Da jedoch die Begriffe „regelmäßig“ und „unregelmäßig“ recht vage sind, ist es durchaus möglich, dass die morphologischen Subregularitäten in Sprachen mit einer weitaus reicheren Flexion als Englisch und Deutsch experimentell unter eine Kategorie „unregelmäßig“ subsumiert werden, so dass die feinen Verarbeitungsunterschiede zusammenfallen. Dies aber bedarf einer empirischen Überprüfung, die im Rahmen des vorliegenden Beitrags nicht geleistet werden kann. Falls jedoch eine regelbasierte Route auch für morphologiereiche Sprachen nachgewiesen wird, würde dies bedeuten, dass es darum geht, so viel wie möglich zu speichern und so weit wie möglich zu berechnen. Dann wäre es sinnvoll, von einer Opposition: Speicher- vs. Berechnungseffizienz abzurücken und eine Hypothese aufzustellen, dass die Kognition in Bezug auf die lexikalische Repräsentation und Verarbeitung eher opportunistisch vorgeht.

Literatur

- ALLEN M., BADECKER W., OSTERHOUT L., 2003: *Morphological Analysis in Sentence Processing: An ERP Study*. „Language and Cognitive Processes” 18, no. 4, s. 405–430.
- BERETTA A., CAMPBELL C., CARR T.H., HUANG J., SCHMITT L.M., CHRISTIANSON K., CAO Y., 2003: *An ER-fMRI Investigation of Morphological Inflection in German Reveals that the Brain Makes a Distinction between Regular and irregular forms*. „Brain and Language” 85, no. 1, s. 67–92.
- BORNKESSEL-SCHLESEWSKY I., SCHLESEWSKY M., 2009: *Processing Syntax and Morphology: A Neurocognitive Perspective*. Oxford University Press. Oxford.
- BUTTERWORTH B., 1983: *Lexical Representation*. In: BUTTERWORTH B., ed.: *Language Production*. Academic Press. London, s. 257–294.
- CHOMSKY, N., HALLE, M., 1968: *The Sound Pattern of English*. Harper & Row Publishers. New York–Evanston–London.
- CLAHSEN H., 1997: *The Representation of Participles in the German Mental Lexicon: Evidence for the Dual-mechanism Model*. In: BOOIJ G., VAN MARLE J., eds.: *Yearbook of Morphology 1996*. Kluwer. Dordrecht, s. 73–96.
- CLAHSEN H., 1999: *Lexical Entries and the Rules of Language: A Multidisciplinary Study of German inflection*. „Behavioral and Brain Sciences” 22, s. 991–1013.
- CLAHSEN H., EISENBEISS S., SONNENSTUHL I., 1997: *Morphological Structure and the Processing of Inflected Words*. „Theoretical Linguistics” 23, no. 3, s. 201–249.
- CLAHSEN H., HADLER M., WEYERTS H., 2004: *Speeded Production of Inflected Words in Children and Adults*. „Journal of Child Language” 31, no. 3, s. 683–712.
- FORSTER K.I., CHAMBERS S.M., 1973: *Lexical Access and Naming Time*. „Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior” 12, no. 6, s. 627–635.
- FRIEDERICI A.D., 2002: *Towards a Neural Basis of Auditory Sentence Processing*. „Trends in Cognitive Sciences” 6, no. 2, s. 78–84.
- FROST R., DEUTSCH A., FORSTER K., 2000: *Decomposing Morphologically Complex Words in a Non-linear morphology*. „Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition” 26, no. 3, s. 751–765.
- HAGOORT P., WASSENAAR M., BROWN C.M., 2003: *Syntax Related ERP-effects in Dutch*. „Cognitive Brain Research” 16, s. 38–50.
- HOEN M., DOMINEY P.F., 2000: *ERP Analysis of Cognitive Sequencing: A Left Anterior Negativity Related to Structural Transformation Processing*. „Neuroreport” 11, no. 14, s. 3187–3191.
- JOANISSE M.F., SEIDENBERG M.S., 2005: *Imaging the Past: Neural Activation in Frontal and Temporal Regions during Regular and Irregular Past-tense Processing*. „Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience” 5, no. 3, s. 282–296.
- JUST M.A., CARPENTER P.A., WOOLLEY J.D., 1982: *Paradigms and Processes in Reading Comprehension*. „Journal of Experimental Psychology” 111, no. 2, s. 228–238.
- KAAN E., HARRIS A., GIBSON E., HOLCOMB P., 2000: *The P600 as an Index of Syntactic Integration Difficulty*. „Language and Cognitive Processes” 15, s. 159–201.
- KUTAS M., FEDERMEIER K.D., 2011: *Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 component of the Event-related Brain Potential (ERP)*. „Annual Review of Psychology” 62, s. 621–647.
- LUKACS Á., PLÉH C., 1999: *Hungarian Cross-modal Priming and Treatment of nonsense Words Supports the Dual-process Hypothesis*. „Behavioral and Brain Sciences” 22, no. 6, s. 1030–1031.
- MACWHINNEY B., LEINBACH J., 1991: *Implementations are not Conceptualizations: Revising the Verb Learning Model*. „Cognition” 40, no. 1–2, s. 121–157.

- MARCUS G.F., BRINKMANN U., CLAHSN H., WIESE R., PINKER, S., 1996: *German Inflection: The exception that proves the rule*. „Cognitive Psychology” 29, no. 2, s. 189–256.
- MCCLELLAND J.L., PATTERSON K., 2002: *Rules or Connections in Past-tense Inflections: What does the Evidence Rule Out?* „Trends in Cognitive Sciences” 6, no. 11, s. 465–472.
- MEUNIER F., MARSLN-WILSON W.D., 2000: *Regularity and Irregularity in French Inflectional Morphology*. „Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society” 22, s. 1–6.
- MÜNTE T.F., SAY T., CLAHSN H., SCHILTZ K., KUTAS M., 1999: *Decomposition of Morphologically Complex Words in English: Evidence from Event-related Brain Potentials*. „Cognitive Brain Research” 7, s. 241–253.
- NEWMAN A.J., ULLMAN M.T., PANCHEVA R., WALIGURA D.L., NEVILLE H.J., 2007: *An ERP Study of Regular and Irregular English Past Tense Inflection*. „Neuroimage” 34, no. 1, s. 435–445.
- ORSOLINI M., MARSLN-WILSON W., 1997: *Universals in Morphological Representation: Evidence from Italian*. „Language and Cognitive Processes” 12, s. 1–47.
- PINKER S., 1999: *Words and Rules: The Ingredients of Grammar*. Basic Books. New York.
- PINKER S., PRINCE A., 1988: *On Language and Connectionism: Analysis of a Parallel Distributed Processing Model of Language acquisition*. „Cognition” 28, no. 1–2, s. 73–193.
- PINKER S., PRINCE A., 1994: *Regular and Irregular Morphology and the Psychological Status of Rules of Grammar*. In: LIMA S.D., CORRIGAN R., IVERSON G.K., eds.: *The Reality of linguistic Rules*. J. Benjamins. Amsterdam, s. 353–388.
- REID A., MARSLN-WILSON W., 2002: *Regularity and Irregularity in an Inflectionally Complex Language: Evidence from Polish*. Paper Presented at the 23rd Annual Conference of the Cognitive Science Society, Mahwah, NJ.
- RODRIGUEZ-FORNELLS A., CLAHSN H., LLEÓ C., ZAAKE W., MÜNTE T.F., 2001: *Event-related Brain Responses to Morphological Violations in Catalan*. „Cognitive Brain Research” 11, s. 47–58.
- RODRIGUEZ-FORNELLS A., MÜNTE T.F., CLAHSN H., 2002: *Morphological Priming in Spanish Verb Forms: An ERP Repetition Priming Study*. „Journal of Cognitive Neuroscience” 14, no. 3, s. 443–454.
- SACH M., SEITZ R., INDEFREY P., 2004: *Unified Inflectional Processing of Regular and Irregular Verbs: A PET Study*. „Neuroreport” 15, no. 3, s. 533–537.
- SAHIN N.T., PINKER S., HALGREN E., 2006: *Abstract Grammatical Processing of Nouns and Verbs in Broca’s Area: Evidence from fMRI*. „Cortex” 42, no. 4, s. 540–562.
- SCHRIEFERS H., ZWITSERLOOD P., ROELOFS A., 1991: *The Identification of Morphologically Complex Spoken Words: Continuous Processing or Decomposition?* „Journal of Memory and Language” 30, no. 1, s. 26–47.
- SEIDENBERG M.S., 1992: *Connectionism without Tears*. In: Davis S.I., ed.: *Connectionism: Theory and Practice*. Oxford University Press. New York, Oxford, s. 84–122.
- SONNENSTUHL I., EISENBEISS S., CLAHSN H., 1999: *Morphological Priming in the Mental Lexicon: Evidence from German*. „Cognition” 72, s. 203–236.
- TAFT M., ARDASINSKI S., 2006: *Obligatory Decomposition in Reading Prefixed Verbs*. „The Mental Lexicon” 1, s. 183–199.
- TSAPKINI K., JAREMA G., KEHAYIA E., 2002: *Regularity Revisited: Evidence from Lexical Access of Verbs and Nouns in Greek*. „Brain and Language” 81, no. 1–3, s. 103–119.
- ULLMAN M.T., 2004: *Contributions of Memory Circuits to Language: The Declarative/procedural Model*. „Cognition” 92, s. 231–270.
- VERÍSSIMO J., CLAHSN H., 2009: *Morphological Priming by Itself: A Study of Portuguese Conjugations*. „Cognition” 112, no. 1, s. 187–194.

- WEYERTS H., MÜNTE T.F., SMID H., HEINZE H.-J., 1996: *Mental Representations of Morphologically Complex Words: An event-related Potential Study with Adult humans*. „Neuroscience Letters” 206, no. 2-3, s. 125-128.
- ZEEUW DE M., SCHREUDER R., VERHOEVEN L., 2013: *Processing of Regular and Irregular Past-Tense Verb Forms in First and Second Language Reading Acquisition*. „Language Learning” 63, no. 4, s. 740-765.
- ZWITSERLOOD P., BÖLTE J., DOHMES P., 2002: *Where and How Morphologically Complex Words Interplay with Naming Pictures*. „Brain and Language” 81, no. 1-3, s. 358-367.