

BARBARA SADOWNIK

ZUR RELEVANZ DER KOGNITIVEN NEUROWISSENSCHAFT  
FÜR DIE GLOTTODIDAKTIK

NEUROBIOLOGISCHE KORRELATE DES IMPLIZITEN  
UND EXPLIZITEN (SPRACH)WISSENS

1. EINLEITUNG

Die Befunde der kognitiven Neurowissenschaft (*cognitive neuroscience*) sind von grundsätzlicher Bedeutung für die glottodidaktische Erkenntnisarbeit. Die Glottodidaktik, die in den letzten Jahren ihre theoretischen Überlegungen in vielfacher Hinsicht vertieft und erweitert und ihren Forschungsgegenstand noch deutlicher abgegrenzt und wissenschaftlich noch präziser thematisiert hat, setzt sich zum Ziel, die neurowissenschaftliche Perspektive stärker in die eigene Forschung einzubeziehen. Die Glottodidaktik betrachtet nach wie vor als ihre zentrale Aufgabe, die vielfältigen Dimensionen unterrichtlichen Lernens und Lehrens von Fremdsprachen zu beschreiben und zu erklären, und zwar im Hinblick auf den Lernenden. Die Erforschung der konstitutiven Eigenschaften (Sprachfähigkeiten, bzw. Spracherwerbsfähigkeiten, Gedächtnisprozesse, Sprachwissen etc.), die den Handlungen der Sprachlerner zugrunde liegen, sowie die Suche nach ihren neurobiologischen Korrelaten stellen eine besondere Herausforderung dar. Aus diesem Grund versuchen die Glottodidaktiker in einen noch intensiveren, vielfältigen Dialog mit den Vertretern der Neurowissenschaft zu treten. Von einer immer engeren Zusammenarbeit können beide Disziplinen profitieren.

---

Dr hab. BARBARA SADOWNIK, prof. nadzw. – Zakład Glottodydaktyki w Instytucie Germanistyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie i Katedra Kultury i Języka Niemieckiego w Instytucie Filologii Germańskiej Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego Jana Pawła II; adres do korespondencji – e-mail: Barbara.Sadownik@pocztaumcs.lublin.pl

Die neunziger Jahre des 20. Jahrhunderts sind als Dekade des Gehirns und Geburtsstunde der kognitiven Neurowissenschaft in die Geschichte eingegangen. Das erste Jahrzehnt des dritten Jahrtausends wird dagegen als Dekade der Gene und Geburtsstunde der kognitiven Genetik definiert. Die Gedächtnisforschung wird dabei als eine Schlüsseldisziplin des 21. Jahrhunderts anerkannt (KANDEL 2006). Der Einsatz bildgebender Verfahren in Medizin und Forschung stellt einen entscheidenden Meilenstein dar, nicht nur Hirnerkrankungen oder -verletzungen zu diagnostizieren, sondern auch Lern- und Gedächtnisvorgänge am lebenden Gehirn zu studieren. Das Erschließen bildgebender Verfahren und deren rasante Entwicklung tragen somit wesentlich dazu bei, Leistungen des Gehirns auf nichtinvasivem Weg nach außen hin sichtbar zu machen und die beteiligten Mechanismen besser beschreiben und erklären zu können. Die Anwendung neuer Techniken wie der Computertomographie (CT), der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) und der funktionellen Kernspintomographie (fMRI), die den Energiebedarf von Hirnregionen messen, hat ermöglicht, die Aktivität des gesunden Gehirns abzubilden.<sup>1</sup> Die Kombination verschiedener Methoden zur Messung der Hirnaktivität trägt weitgehend dazu bei, Erkenntnisse auf dem Gebiet der Hirnforschung voranzutreiben. Mit DNA-Untersuchungen lassen sich dagegen nach und nach genau die Gene bestimmen, die für unsere vererbte kognitive Ausstattung verantwortlich sind, und irgendwann erlauben ihre Auswirkungen auf das sich entwickelnde Gehirn aufzuzeigen.

Ziel des vorliegenden Artikels ist es, einen Einblick in die neuronalen Grundlagen von impliziten und expliziten Gedächtnisformen zu gewinnen. Im Zentrum des Interesses stehen Fragen nach der hoch komplexen Beziehung zwischen implizitem und explizitem Sprachlernsystem und seinen neurophysiologischen Korrelaten. Die kognitiven Neurowissenschaften liefern zahlreiche Befunde über das Zusammenspiel verschiedener Hirnareale, das kognitive Funktionen wie Gedächtnisprozesse (Gedächtnisverarbeitung und -speicherung), Sprachenlernen, Bildererkennung, Tonwahrnehmung, Musikverarbeitung, Handlungsplanung, sowie das Erleben von Emotionen ermöglicht. Diese recht heterogenen Befunde bilden für die glottodidaktische For-

---

<sup>1</sup> Eine hervorragende Darstellung der Geschichte der Bildgebung findet sich bei M. E. Raichle (1998, 2000). Die bildgebenden Verfahren werden laufend weiterentwickelt. Neuere Methoden sind z.B. die Magnetencephalographie (MEG) unter Verwendung von SQUID (*superconducting quantum interference device*), die gleichzeitige Ableitung und computerunterstützte Verrechnung von ereigniskorrelierten Potenzialen (ERPs) verschiedener Gehirnregionen und die *single-photon emission computerized tomography*, SPECT.

schung eine Fundgrube an Hypothesen und Anregungen; sie müssen aber sorgfältig auf ihre Anwendbarkeit überprüft werden. An dieser Stelle sei auch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das Thema dieses Artikels nur eine kleine Auswahl aus dem umfangreichen Spektrum neurobiologischer Grundlagen von menschlichem Lernen im Allgemeinen und von Sprachenlernen im Besonderen ist.

## 2. ZUR MODULARITÄT DES MENSCHLICHEN GEHIRNS

Die Erkenntnis, dass nicht alle Teile des Gehirns die gleiche Funktion besitzen, sondern dass verschiedenen Hirnregionen unterschiedliche Aufgaben zukommen, ist im Grunde so alt wie die Beschäftigung mit der Struktur des Gehirns selbst. Der erste, der in seinen Arbeiten konsequent die These vertrat, dass es im menschlichen Gehirn verschiedene Funktionen gibt, die an verschiedenen Orten lokalisiert sind, war Franz Joseph Gall (1758-1828), der deutsche Arzt, Anatom und Psychologe. Er verteidigte seine Modularitätsthese auch mit dem Hinweis auf die Struktur unserer peripheren Sinnesorgane: So wie verschiedene Teile des Körpers lokalisiert sind, so sind geistige Funktionen als eigenständige Komponenten im Gehirn verteilt. Die Sprache ordnete er den Frontallappen, den vordersten Teilen beider Hemisphären, zu. Unglücklicherweise behauptete F. J. Gall außerdem, dass die Form des Schädels die Eigenarten des darunter liegenden Gehirns abbilde und dass die geistigen und emotionalen Eigenschaften eines Menschen durch sorgfältiges Studium der Schädelunebenheiten bestimmt werden könnten. In vielen wissenschaftlichen Kreisen wurde F. J. Gall aus diesem Grund abqualifiziert, aber obwohl die Gallsche Schädellehre (die sog. Phrenologie) und seine Hirnrindenlokalisation wissenschaftlich nicht ganz haltbar sind, war dies doch einer der ersten Versuche, psychische Fähigkeiten mit der Hirnrinde in Verbindung zu bringen.

Für A. Damasio (2006) waren einige von J. Galls Ideen recht erstaunlich für ihre Zeit, auch wenn ihm damals noch verborgen blieb, dass die Funktion der einzelnen Gehirnteile nicht unabhängig ist, sondern zur Funktion größerer Systeme beiträgt, die sich aus diesen separaten Teilen zusammensetzen. A. Damasio (2006) konstatiert: „Damit wandte er sich nicht nur gegen das vorherrschende dualistische Denken, das zwischen Biologie und Geist vollkommen trennte, sondern gelangte auch zur richtigen Erkenntnis, dass das Gehirn aus vielen Teilen besteht und dass diese spezielle Funktionen wahrnehmen. Letzterer Gedanke war eine fabelhafte Intuition, denn heute ist die

funktionelle Gehirnspezialisierung eine gründlich bewiesene Tatsache“ (DAMASIO 2006: 39). L. Jäncke vertritt dagegen einen eher kritischen Standpunkt, indem er schreibt: „Aus heutiger Sicht ist natürlich vollkommen einsichtig, dass dieser Ansatz einen Irrweg darstellte“ (JÄNCKE 2005: 13).

Nach N. Chomsky (1984, 1999) verdient J. Gall heutzutage Anerkennung vor allem für das Konzept der Gehirnspezialisierung. Kritisch zu betrachten sind dagegen seine Behauptungen, dass jedes separate „Hirnorgan“ geistige Fähigkeiten hervorbringe, die seiner Größe entsprächen, oder dass alle Organe und Fähigkeiten angeboren seien. N. Chomsky argumentiert: „(...) die gegenwärtige Arbeit führte zu einem erneuten Interesse an einigen früheren Vorläufern, die ähnliche Ideen entwickelt hatten. Dies geschieht derzeit auch im Hinblick auf den Begriff der Modularität. So hat zum Beispiel Franz Joseph Gall kürzlich eine Renaissance erlebt. Ein ganzes Jahrhundert lang war er einer der meistgeschmähten Gestalten der Psychologie, aber jetzt ist er auf einmal der neue Held“ (CHOMSKY 1999: 26-27).

Bedeutend, wenn nicht gar bahnbrechend, waren die Befunde des französischen Chirurgen Paul Broca (1824-1880) sowie des deutschen Neurologen Carl Wernicke (1848-1904). Die von ihnen vorgelegten Fallbeschreibungen belegen erstmalig, dass bestimmte Hirnfunktionen (Sprachproduktion, Sprachrezeption) an die Intaktheit bestimmter Hirngebiete gebunden sind. P. Broca (1861) und C. Wernicke (1874) entdeckten unabhängig voneinander bei mehr als 150 Patienten mit Sprachstörungen Läsionen in zwei linksseitigen kortikalen Arealen. Ganz allgemein lässt sich sagen, dass das Broca-Areal Sprachproduktionsprozesse (motorische Fähigkeiten) und syntaktische Musterkombinationen unterstützt und das Wernicke-Areal bei Verstehensprozessen stark involviert ist.

P. Broca (1861) war eigentlich der erste, der die Aufmerksamkeit der medizinischen Welt auf die Asymmetrie des menschlichen Gehirns bezüglich der Sprache lenkte und eine Beziehung zwischen dieser Asymmetrie und der Bevorzugung einer Hand herstellte. Die „Brocasche Regel“, nach der diejenige Hemisphäre, die die Sprache kontrolliert, jeweils der bevorzugten Hand gegenüberliegt, ist bis weit in das 20. Jahrhundert hinein von Einfluss gewesen. P. Broca konnte exakt angeben, an welcher Stelle des Gehirns sich die Schädigung befand, die die Sprachstörung oder Aphasie seiner Patienten verursachte. Er zeigte, dass Läsionen im linken Frontallappen, dritte Stirnhirnwindung, bei seinen Patienten Sprachstörungen hervorriefen. Die so genannte „Broca-Aphasie“ ist eine agrammatische Störung, die zu einer verlangsamten, verkürzten und syntaktisch vereinfachten Sprachproduktion führt

(„Telegrammstil“, z.B. ohne Artikel und Präpositionen). Die Defizite betreffen sowohl das Verständnis und die spontane Produktion mündlicher bzw. schriftlicher Sprache als auch das Nachsprechen bzw. das Vorlesen (z.B. bei flektierten Wörtern). Einige Funktionswörter und gebundene Morpheme (Präfixe, Flexionsendungen) fehlen oder werden vertauscht. Hinzu kommen fehlerhafte Wortstellung, Substitution von Lauten (phonematische Paraphrase), sowie eine fehlerhafte Anwendung der Betonung und Intonation (Dysprosodie). Die Broca-Aphasie ist eine syntaktische, keine phonologische Störung, aus diesem Grund hat sich auch der Name *Agrammatismus* eingebürgert.

C. Wernicke (1874) beschrieb dagegen ein weiteres aphasisches Syndrom, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass trotz flüssiger Sprachproduktion das Sprachverständnis und die adäquate Wortwahl gestört sind. Diese Störung, die „Wernicke-Aphasie“ genannt wurde, lokalisierte er in der ersten Hirnwindung des Schläfenlappens (Temporallappen) (WERNICKE 1874: 56). Die sich daraus entwickelnde klassische Aphasielehre ist auch heute noch Grundlage vor allem für die klinische Einteilung der aphasischen Syndrome. Einschränkend muss jedoch betont werden, dass diese Einteilung keineswegs eindeutig und ohne Probleme ist und immer mehr Stimmen laut werden, die ein Abrücken von der klassischen Einteilung für sinnvoll halten (vgl. z.B. GOODGLASS 1993).

Die Neurolinguistik und die Neuropsychologie zweifeln heutzutage nicht mehr daran, dass neben der Hirnrinde auch weitere Bereiche des Gehirns an der Sprachverarbeitung beteiligt sind. Dabei postulieren sie verschiedene subkortikale und interhemisphärische Verbindungen; von besonderem Interesse sind die an die klassischen Zentren angrenzenden Bereiche, doch richtet sich die Forschung auch auf andere Teile des Gehirns, zum Beispiel auf weitere Regionen der Frontallappen und auf den Thalamus. Die neueren Untersuchungen deuten auch an, dass die holistische Auffassung des Gehirns“ kaum Unterstützung finden wird – dass es im Gehirn überhaupt keine Lokalisation gibt und alle Bereiche an allen Tätigkeiten gleichermaßen beteiligt sind (Theorie der „Äquipotentialität“).

### 3. VON DER PHILOSOPHIE DES GEISTES ZUR KOGNITIVEN NEUROWISSENSCHAFT

Aus der Sicht der Humanbiologie wird kaum bestritten, dass die Sprachfähigkeit des Menschen auf spezifischen hirnhysiologischen Strukturen beruht, die etwa bei anderen Organismen in dieser Funktion nicht vorhanden

sind (vgl. z.B. CHANGEUX 1984; FRIEDERICI 1984; LIEBERMAN 1984). Umstritten ist jedoch die Frage, inwieweit eine direkte Korrelation zwischen konkreten, von der Kognitiven Linguistik postulierten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten und physiologischen Gegebenheiten des Gehirns besteht. Es handelt sich dabei auch um eine alte philosophische Frage, auf die bis jetzt keine endgültigen Antworten gefunden worden sind, und zwar, wie Geist und Gehirn zusammenhängen bzw. wie es möglich ist, dass aus Hirnvorgängen geistige Prozesse hervorgehen. A. Damasio verweist im Zusammenhang damit auf die ungeheure Komplexität der Probleme und schreibt dazu: „Natürlich wünschte ich, ich könnte sagen, dass wir mit Gewissheit wissen, wie das Gehirn es anstellt, den Geist hervorzubringen, aber das kann ich nicht – und ich fürchte, niemand kann es“ (DAMASIO 2006: 341). Einen detaillierten Überblick über den gegenwärtigen Stand der Geist-Gehirn-Debatte zu geben ist in dem vorliegenden Beitrag unmöglich und unnötig, denn es liegen aus unterschiedlichen philosophischen Positionen heraus gute Zusammenfassungen zu diesem Thema vor (vgl. z.B. METZINGER 1993, 1996).

An dieser Stelle soll in erster Linie vor dem reduktionistischen Identismus „gewarnt“ werden, für den Geist ein neurobiologischer Zustand ist, bzw. vor dem neurobiologischen Reduktionismus, der davon ausgeht, dass psychische Phänomene ihrem Wesen nach „nichts anderes als feuernde Nervenzellen“ sind. Ein solcher Reduktionismus ist selten zu finden. Nahe kommt ihm beispielsweise der oben erwähnte französische Neurobiologe Jean-Pierre Changeux, der 1984 das seinerzeit viel beachtete Buch unter dem Titel „Der neuronale Mensch. Wie die Seele funktioniert – die Entdeckung der neuen Gehirnforschung“ veröffentlichte. Auch Francis Crick und der Neurotheoretiker Christoph Koch (1995) nehmen an, dass Geist und Bewusstsein eine Art Substanz sind (CRICK, KOCH 1995: 121-123). Francis Crick mit seinem Hauptwerk „Was die Seele wirklich ist“ (CRICK 1994) ist neben Gerald Edelman und John Eccles der dritte Forscher, der sich nach Erhalt des Nobelpreises anschickte, das Geheimnis des Geistes im Gehirn zu lösen. F. Cricks wissenschaftliche Überzeugung besteht darin, dass der menschliche Geist – das Verhalten des Gehirns – sich durch die Wechselwirkungen von Nervenzellen und dazugehörigen Molekülen erklären lässt. Anders gesagt: Kennen wir alle wesentlichen Eigenschaften der Neurone plus deren Wechselwirkungen, dann können wir den Geist erklären. So geht G. Edelman (2004) von der Annahme aus, dass die für das Bewusstsein notwendigen Mechanismen in bestimmten neuronalen Prozessen, d.h. in der die Organisation und Tätigkeit des Gehirns gründen. Er sucht in seiner wis-

senschaftlichen Arbeit nach dem Nachweis, „dass die neurale Basis des Bewusstseins, nicht das Bewusstsein selbst, Ereignisse auslösen kann“ (EDEL-  
MAN 2004: 17).

K. Popper und J. Eccles (1982) dagegen vertreten einen so genannten interaktionistischen Dualismus. Das Gehirn ist für sie das Instrument des Geistes; dabei ist der Geist keineswegs völlig frei. Der Geist benutzt die ihm geeignet erscheinenden Gehirnprozesse, um sich zu realisieren. Der Geist muss, so die Annahme, auf der Klaviatur des Gehirns spielen und diese gibt ihm vor, wie er das zu tun hat. Im Rahmen dieser Beschränkungen hat der Geist viele Freiheitsgrade; er ist gegenüber dem Gehirn autonom. Nach J. Eccles (1994) steuern Geist und freier Wille das Gehirn über die Beeinflussung der Wahrscheinlichkeit, mit der an den Kontaktstellen zwischen den Nervenzellen, den Synapsen, Transmitter ausgeschüttet werden. Hier sollen nicht-kausale Quantenprozesse eine entscheidende Rolle spielen. J. Eccles (1994) führt die Einzigartigkeit des Selbst oder der Seele auf eine übernatürliche, spirituelle Schöpfung zurück. Seine Position enthält nicht nur „die Bekenntnis des transzendenten Gottes, Schöpfer des Alls, des Gottes, an den Einstein glaubte, sondern auch „des immanent wirkenden Gottes, dem wir unser Dasein verdanken“ (ECCLES 1994). G. Roth (2003), der den interaktiven Dualismus für unbrauchbar und in sich widersprüchlich hält, argumentiert dagegen wie folgt: „Denn wenn man zwischen mentalen und neuronalen Prozessen eine völlige Parallelität annimmt, so heißt dies keineswegs, Mentales auf Neuronales zu reduzieren. Was Paul Churchland vorzuwerfen ist, ist sein allzu großer Optimismus hinsichtlich der Fähigkeit der Neurowissenschaften, eindeutige neuronale Korrelate zu beliebigen Wahrnehmungs- und Bewusstseinsprozessen bestimmen zu können“ (ROTH 2003: 290). Paul Churchland vertritt nämlich einen nomologischen neurobiologischen Reduktionismus in Form des eliminativen Materialismus. Dieser unterstellt, man könne „mentalistische“ Begriffe aus dem Vokabular der kognitiven Hirnforschung streichen und durch präzisere neurobiologische Termini ersetzen.<sup>2</sup>

Die Chancen eines nomologischen neurobiologischen Reduktionismus bzw. eines eliminativen Materialismus sehen nach A. Damasio (2006) zur Zeit nicht gut aus und zwar aus folgenden Gründen: (1) Die Gesetze des Psychischen bzw. Mentalen sind nur in sehr groben Umrissen oder Einzelfällen

---

<sup>2</sup> Paul Churchland, John Searle und einige andere Philosophen haben die Neurologen ange-  
regt, sich mit dem Bewusstsein zu befassen. Die Philosophen wie Neurobiologen Francis Crick,  
Daniel Dennett, Gerald Edelman, Rudolfo Linas u.a. haben inzwischen ihre ersten theoretischen  
Entwürfe zur sog. Neurophilosophie vorgelegt.

bekannt. (2) Ebenso wenig sind die Gesetze des Gehirns hinreichend bekannt. Zwar weiß man inzwischen viel über das Zustandekommen von Erregungsprozessen an der Nervenzellmembran, über das Entstehen und die Fortleitung von Aktionspotenzialen, die Wirkung von Transmittern usw., aber alle Hirnprozesse oberhalb dieser molekular-zellulären Ebene sind in ihrer Gesetzmäßigkeit weitgehend unerforscht. Selbst die integrativen Leistungen einer einzelnen Zelle sind nahezu unbekannt, geschweige denn die Interaktion solcher Zellen in kleineren oder größeren Zellverbänden (DAMASIO 2006: 291 ff.).

#### 4. MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER GEGENWÄRTIGEN KOGNITIVEN NEUROWISSENSCHAFT

Der Molekularbiologe Bert Sakmann, der 1991 den Nobelpreis für die Entwicklung einer Methode zum direkten Nachweis von Ionenkanälen in Zellmembranen und zur Erforschung der Signalübertragung innerhalb der Zelle und zwischen den Zellen erhielt, behauptet, dass es im Bereich der Neurowissenschaft eine große Menge von Einzelbefunden gebe, jedoch keinen richtigen Durchbruch. Der offensichtliche Widerspruch der Hirnforschung liegt darin, dass der Mensch die theoretische Erforschung des Gehirns ausschließlich mit Hilfe seines eigenen Gehirns betreiben kann, das gleichzeitig Objekt seiner Forschung ist. Es ist auch eine Tatsache, dass kein anderes Organ so weitgehend die Menschen fasziniert und die Wissenschaftler so sehr zu seiner Erforschung anspornt wie das Gehirn. Die Neurowissenschaftler wissen heutzutage zweifellos sehr viel mehr über das Gehirn als noch vor zehn Jahren. Sie gehen davon aus, dass weder das menschliche Gehirn noch der Geist bei der Geburt eine Tabula rasa ist. Das Genom schreibt den Aufbau des menschlichen Körpers in allen Einzelheiten vor. Und dazu gehört auch der Gesamtplan des Gehirns. „Die Gene legen eine *präzise* Struktur für einen Teil des Gehirns fest und bestimmen die großen Züge eines anderen Teils, in dem die präzise Struktur *erst noch festgelegt werden muß*. Doch diese noch zu spezifizierende Struktur kann nur unter dem Einfluss von drei Elementen Wirklichkeit werden: 1. der exakten Struktur, 2. individueller Aktivität und Umwelt (in denen die menschliche und physische Umwelt sowie der Zufall den Ausschlag geben und 3. selbstorganisierenden Zwängen, die allein aus der Komplexität des Systems erwachsen“ (DAMASIO 2006: 159).



Das menschliche Gehirn ist eine sehr komplexe Struktur. Diese Komplexität macht es schwierig, seine Bestandteile mit bestimmten Funktionen in Zusammenhang zu bringen. G. Edelman (2004) betont, dass das menschliche Gehirn das komplexeste materielle Gebilde im uns bekannten Universum ist. Das Gehirn besteht aus einer unvorstellbar großen Zahl von Nervenzellen und zwar werden je nach Quelle unterschiedliche Einschätzungen vermittelt. Bei G. Roth (2003) sind folgende Zahlen zu finden: „Das menschliche Gehirn enthält zwischen hundert Milliarden und einer Billion Nervenzellen, wovon jede im Durchschnitt 10 000 bis 15 000 Synapsen besitzt, was zwischen einer und zehn Trillionen Synapsen ergibt – eine unvorstellbar große Zahl“ (ROTH 2003: 283). Nach G. Edelman enthält die Großhirnrinde „mindestens 30 Milliarden Neuronen, und eine Million Milliarden Verbindungen zwischen ihnen, die Synapsen“ (EDELMAN 2004: 29). A. Damasio (2006) verweist er auf eine aufschlussreiche Schätzung der Synapsenzahl, die von Charles Steven, einem Neurobiologen am Salk Institute, geliefert wurde. Er vermutet, dass die Zahl der Synapsen, die zwischen den Milliarden Neuronen im Gehirn gebildet werden, mindestens zehn Billionen beträgt, und die Gesamtlänge der Fortsätze (Axonen), die sich zu Neuronenschaltkreisen zusammenschließen, in der Größenordnung von mehreren hunderttausend Kilometern liegt (DAMASIO 2006: 341). Bei neuronalen Prozessen, die kognitiven bzw. geistigen Akten zugrunde liegen, kommt es auf viele Millionen von Neuronen an und überhaupt nicht auf eine einzige Nervenzelle, geschweige denn Synapse. Gäbe es keine Ordnung in dieser komplexen Struktur, so wäre jegliche Information völlig unverständlich. Die Neurowissenschaftler sind heutzutage in der Lage, nur eine gewisse Organisation in der Anordnung der einzelnen Bestandteile des menschlichen Gehirns zu erkennen.

Die menschliche Fähigkeit zum Lernen von Sprachen (*facultas linguarum*) als ein Spezifikum des *homo sapiens* ist weitgehend an seine biologischen Voraussetzungen gebunden, also an die Anatomie und Funktionsweise jener Organe, die bei Enkodierung, Planung und Verarbeitung sprachlicher Signale aktiviert werden. Dies sind das Gehirn als zentrale Steuerungsinstanz, Lungen, Rachen, Mund usw. als schallerzeugende Organe und das Ohr als schallregistrierendes Organ. Aus der Sicht der Glottodidaktik ist zu erwarten, dass es in den Neurowissenschaften zunehmend besser gelingt, die Dynamik und die Organisationsprinzipien des menschlichen Gehirns, d.h. die unvorstellbar vielfältigen und vielschichtigen Wechselwirkungen seiner Strukturen sowohl untereinander als auch mit dem Rest des Körpers und mit der Umwelt, zu erfassen. Es sollte immer besser verstanden werden, welche

Möglichkeiten dieses Organ in unterschiedlichen Lebensabschnitten beim Sprachenlernen bietet, und welchen Einschränkungen es unterliegt. Fortschritte in den technischen Möglichkeiten der bildgebenden Verfahren in Kombination mit Daten zum Spracherwerb und zur Sprachverarbeitung sollten immer besser helfen zu verstehen, wie das Gehirn unterschiedliche Speichersysteme bzw. Sprachlernsysteme oder Kompetenzarten steuert.

#### 5. NEUROBIOLOGISCHE KORRELATE DES IMPLIZITEN UND EXPLIZITEN (SPRACH)WISSENS

Nach Meinung vieler Neurowissenschaftler wie z.B. M. Mishkin, B. Malmmut und J. Bachevalier (1984), M. S. Gazzaniga, R. B. Ivry und G.R. Mangun (1998) hat das Gehirn zwei große Speichersysteme – eins für Fakten („gewusst was“) und eins für Fähigkeiten („gewusst wie“), die in verschiedenen neuronalen Strukturen mit unterschiedlichen Funktionen lokalisiert sind. B. Hüsing, L. Jäncke und B. Tag (2006) verweisen auch auf diese Befunde: „A further important finding of brain imaging studies is that they provide substantial information that procedural and explicit learning are not only different in terms of behavioural consequences, they are also different in term of the involved brain structures. Thus, brain imaging has provided subsequent and confirming data for the distinction between these two learning processes. A new finding coming from brain imaging is that there is a negative correlation between the activation of the frontal brain areas mostly controlling the explicit learning processes and the basal ganglia controlling the procedural learning mechanisms (FLETCHER *et al.* 2005). Thus, brain imaging offers new insights into these two learning processes which might help to guide pedagogic strategies” (HÜSING, JÄNCKE, & TAG 2006: 141). Das menschliche Langzeitgedächtnis (LZG) lässt sich demnach nach seinem Speicherinhalt in zwei Gedächtnisformen differenzieren – dem deklarativen (expliziten) und nicht-deklarativen (impliziten) Gedächtnis.<sup>3</sup>

Seit etwa einem halben Jahrhundert ist bekannt, dass die Interaktion von Hippocampus<sup>4</sup> und Amygdala eine zentrale Rolle bei den Gedächtnisprozes-

---

<sup>3</sup> Zur Klassifizierung des Gedächtnisses und Beteiligung der wichtigsten Hirnstrukturen vgl. SQUIRE und ZOLA-MORGAN 1996: 1315-1324.

<sup>4</sup> M. Spitzer (2002) verweist auf die Tatsache, dass gerade im Hinblick auf den Hippocampus in den letzten Jahren zusätzliche wichtige Entdeckungen gemacht wurden, und zwar, es wurden auch im Gehirn des Menschen die Neubildung von Nervenzellen nachgewiesen (ERICSSON *et al.*

sen spielt. Das Faktensystem, das auch explizites bzw. deklaratives Gedächtnis genannt wird, braucht demnach den Hippocampus und angrenzende Strukturen, um Erinnerungen zu bilden. Der Hippocampus, eine kleine Struktur, die tief im Temporallappen gelegen ist, genau genommen an der Innenseite des Schläfenlappens der Großhirnrinde, ist also der Organisator von Lernen und Gedächtnis, zumindest was das sog. deklarative Gedächtnis betrifft, welches all das Wissen umfasst, was wir bewusst reproduzieren können (vgl. SQUIRE 1987; KOLB/WISHAW 1993; MENZEL/ROTH 1996). Genaue gesagt, an dieser Form des Gedächtnisses sind in erster Linie der Hippocampus, der rhinale *Cortex*, die Amygdala und der präfrontale *Cortex* beteiligt. Diese Strukturen sind reziprok mit dem medialen Thalamus, dem basalen Vorderhirn und sensorischen *Neocortex* verknüpft. Das explizite Gedächtnis hängt von der konzeptionell gesteuerten top-down-Verarbeitung ab, bei der der Betreffende die Information reorganisiert. Die Erinnerung an eine Information wird stark dadurch beeinflusst, wie die betreffende Information verarbeitet wurde. So ist deklaratives Wissen in aller Regel von Bewusstsein begleitet. G. Roth (2003) konstatiert: „Lernen aufgrund gesprochener und geschriebener sprachlicher Information, also das Aneignen von Inhalten des deklarativen Gedächtnisses, ist ohne Bewusstsein und Aufmerksamkeit ebenso wenig möglich wie Nachahmungslernen. Wir können den Sinn von Gesprochenem oder Geschriebenem nicht erfassen, ohne dass wir dieses bewusst wahrnehmen. Ebenso ist Problemlösen ohne bewusste Aufmerksamkeit unmöglich“ (ROTH 2003: 220).

Das deklarative/explizite Gedächtnis (oft als Wissensgedächtnis bezeichnet) wird in das episodische (Speicher für Ereignisse, Episoden und persönliche Erfahrungen) und in das semantische Gedächtnis (Weltwissen, Wissen von Begriffen, Zeichen und Symbolen, metalinguistisches Wissen) unterteilt. Die Inhalte des deklarativen Gedächtnisses sind nicht im Hippocampus, sondern in der Großhirnrinde „lokalisiert“, d.h. die Erinnerungen werden dauerhaft in der Hirnrinde gespeichert und zwar entsprechend in denjenigen *Cortexarealen*, die mit der Wahrnehmung derselben Inhalte zu tun haben; das visuelle Gedächtnis ist also im Hinterhauptscortex, das auditorische Ge-

---

1998). Die Rolle dieser Vorgänge wurde dann zur Debatte gestellt; es war zu erforschen, ob nachweisende Neuronen wirklich eine Rolle bei Lernprozessen im Hippocampus spielen (UNGER / SPITZER 2000; SHORS *et al.* 2001). In Anbetracht dieser Entwicklungen ist nicht verwunderlich, dass auch im *Cortex* nach Neuronenwachstum intensiv gesucht wurde. Die intensiven Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Pasko Rakic (vgl. KORNACK & RAKIC 2001) haben jedoch gezeigt, dass im *Cortex* keine Neuronen nachwachsen.

dächtnis im oberen temporalen Gedächtnis „gespeichert“ und so weiter, größtenteils in den Schläfen- und Parietallappen. Der Hippocampus kontrolliert nur das Ablegen und Abrufen von Gedächtnisinhalten, es sei denn, diese Inhalte sind in ein absolutes „Routinewissen“ übergegangen, denn dann sind sie auch bei zerstörtem Hippocampus noch verfügbar (SQUIRE/ZOLA-MORGAN 1991). Das bedeutet, dass sie dann rein *intracortical* abgerufen werden können. E. Tulving und Mitarbeiter haben anhand eigener Experimente und der Ergebnisse anderer Wissenschaftler mit Hilfe von PET-Studien gezeigt, dass der ventrolaterale frontale *Cortex* der linken Hemisphäre bevorzugt bei der Gedächtnisbildung für Wörter oder Wortfolgen aktiv ist. Interessanterweise sind diese Regionen jedoch nicht an einem späteren Zugriff auf die gespeicherten Inhalte beteiligt. Bei der Erinnerung an dasselbe Material zeigt sich nämlich eine Aktivität im rechten dorsolateralen *Cortex* und im parietalen *Cortex* beider Hemisphären (vgl. TULVING / CRAIK 2000). Die Zerstörung des Hippocampus führt zu schweren Beeinträchtigungen des Erinnerungsvermögens (retrograde Amnesie) und der Fähigkeit, neues Wissen zu erwerben und auch für eine kurze Zeitspanne zu behalten (anterograde Amnesie).

Dem deklarativen Gedächtnis wird das nicht-deklarative bzw. implizite Gedächtnis gegenübergestellt. Das nicht-deklarative-Gedächtnis beinhaltet das *Priming*<sup>5</sup>, das prozedurale Gedächtnis (Speicher von Fähigkeiten / Fertigkeiten und Gewohnheiten) sowie Lernmechanismen, die dem nicht-assoziativen Lernen (Habituation, Sensitivierung) und der klassischen Konditionierung unterliegen. Bei dieser Art des Gedächtnisses kann eine Verhaltensänderung ohne Mitwirkung des Bewusstseins erfolgen. Als Synonym wird auch der Begriff Verhaltensgedächtnis verwendet. Die implizite Information wird fast genauso kodiert wie sie verarbeitet wird. In der einschlägigen Fachliteratur wird diese Form der Verarbeitung als *informationsgesteuerte* oder *bottom-up*-Verarbeitung bezeichnet. Bei der Kodierung impliziter Gedächtnisinhalte nimmt der Mensch eine eher passive Rolle ein, so hat er später Schwierigkeiten, sich spontan an diese Inhalte zu erinnern. Dieses Speichersystem liegt somit motorischen Fähigkeiten wie Greifen und Gehen zugrunde, aber auch Fähigkeiten der Kognition und Wahrnehmung.

Wenn limbische Schaltkreise am expliziten Gedächtnis beteiligt sind, dann ist anzunehmen, dass beim impliziten Gedächtnis andere Gehirnstrukturen eine Rolle spielen. H. L. Petr und M. Mishkin (1994) haben für das

---

<sup>5</sup> *Priming* oder Bahnung bedeutet, dass man eine Repräsentation unvollständig aktiviert oder sie aktiviert, ohne die Aufmerksamkeit darauf zu richten; vgl. dazu sog. Bahnungslernen.

implizite Gedächtnis einen bestimmten Schaltkreis im Gehirn vorgeschlagen. Eine zentrale Stellung in diesem Schaltkreis nehmen die Basalganglien ein. Das nicht-deklarative Speichersystem bzw. das Fähigkeitensystem braucht also die Basalganglien, eine im Großhirn verborgene Menge von Organen, die von der gesamten Hirnrinde, d.h. aus allen Gebieten des *Neocortex* ihren Input empfangen und ihren Output vor allem an die Frontallappen senden, d.h. über den *Globus pallidus* und ventralen *Thalamus* zum prämotorischen *Cortex*. Die Basalganglien empfangen auch Projektionen von Zellen der *Substantia nigra*. Diese Projektionen nutzen den Neurotransmitter Dopamin, der überall in den Basalganglien in hoher Konzentration vorkommt. Dopamin scheint für die Funktion der Basalganglienschaltkreise essentiell zu sein und könnte auch indirekt an der Gedächtnisbildung beteiligt sein. Es ist bemerkenswert, dass die Basalganglien traditionell als motorische Struktur klassifiziert wurden, weil ihre Läsion Beeinträchtigungen der Bewegung zur Folge hat. Die Schaltkreise, an denen die Basalganglien beteiligt sind, scheinen auch Eingänge aus dem sensorischen *Neocortex* zu erhalten und sie in motorische Regionen des *Cortex* weiterzuleiten.

Die Vorstellung, dass Strukturen innerhalb der Basalganglienschaltkreise am impliziten Gedächtnis beteiligt sind, unterstützt auch eine Reihe von Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren. S. T. Grafton *et al.* (1992) verfolgten mit Hilfe der PET-Technik den regionalen cerebralen Blutfluss (rCBF) bei gesunden Versuchspersonen, während diese motorische Aufgaben erlernten. Die Wissenschaftler entdeckten, dass die motorische Handlung mit einem Anstieg der Durchblutung im motorischen *Cortex*, in den Basalganglien und im *Cerebellum* (Kleinhirn) einherging, und dass beim Erlernen der Aufgabe ebenfalls einige dieser Strukturen, nämlich unter anderen der primäre motorische *Cortex*, der supplementär-motorische *Cortex* und der Nucleus pulvinaris im Thalamus, aktiv waren. Noch deutlicher demonstrierten A. Pascual-Leone *et al.* (1994) die Rolle des motorischen *Cortex* beim impliziten Lernen. Das Erzeugen impliziter Gedächtnisinhalte umfasst eine Umorganisation des motorischen *Cortex*, die für eine vom expliziten Gedächtnis gesteuerte Handlung nicht notwendig ist. B. J. Knowlton/L. R. Squire (1993) berichteten, dass bei Patienten mit Zerstörung des Hypocampus und entsprechenden Störungen des deklarativen Gedächtnisses (und intaktem implizitem Gedächtnis) die Fähigkeit erhalten war, bei der Darbietung verschiedenerer Objekte das Gemeinsame herauszufinden, sie zu klassifizieren oder kategorisieren, und weitere Objekte solchen Kategorien zuzuordnen. Bisher ging man davon aus, dass eine solche Leistung sich auf der

Basis expliziten, deklarativen Wissens entwickelt. Die Befunde der oben genannten Autoren legen jedoch nahe, dass es sich beim Erwerb kategorialen Wissens um eine eigene Gedächtnisart handelt. Hierfür spricht, dass das Kategorisieren von Ereignissen auch unbewusst vor sich gehen kann.

G. Roth (2003) erklärt die Natur des nicht-deklarativen Gedächtnisses wie folgt: „Eine andere Gedächtnisart ist das prozedurale oder implizite Gedächtnis; es umfasst alle Fertigkeiten, die charakteristischerweise eingeübt werden müssen, dann aber beherrscht werden, ohne dass man genau weiß oder wissen muss, *wie es geht*“ (ROTH 2003: 209). Das prozedurale Gedächtnis ist demnach nicht notwendigerweise von Bewusstsein begleitet. Seine Inhalte sind, wenn sie einmal beherrscht werden, nicht mehr im *Cortex* angesiedelt; sie werden nicht durch eine Zerstörung des Hippocampus beeinträchtigt. Man nimmt an, dass die Inhalte des prozeduralen Gedächtnisses in der Brücke (*Pons*), im Striatum und im Kleinhirn angesiedelt sind. An dieser Stelle muss betont werden, dass die Forschungen, die das explizite Gedächtnis mit dem limbischen *Cortex* in Verbindung bringen, weitaus intensiver sind als diejenigen, die sich mit dem Zusammenhang zwischen implizitem Gedächtnis und Basalganglien befassen.

Die Position der kognitiven Neurowissenschaft, dass das explizite und das implizite Speichersystem zwei getrennte Systeme ohne gegenseitige Durchlässigkeit darstellen, hat heutzutage viele Anhänger und löst aufs Neue eine weltweite Diskussion aus. Das Begriffspaar explizit/implizit bzw. bewusst/unbewusst hat in der Geschichte der Fremdsprachendidaktik, d.h. in ihren Theorien und Modellvorstellungen zum Lernen und Lehren fremder Sprachen immer eine zentrale Stelle eingenommen (vgl. dazu z.B. ELLIS 1984; SADOWNIK 2006). Erfahrungsgemäß führt das bewusste Lernen nicht in gleichem Maße zur Sprachfertigkeit wie das implizite/intuitive Sprachenlernen. Bei den meisten Lernenden besteht eine Diskrepanz zwischen dem Wissen über die Sprache und der Fähigkeit, dieses Wissen kommunizierend zu gebrauchen, d.h. eine Diskrepanz zwischen Sprachwissen und Sprachkönnen bzw. Sprachwissen und Sprachgefühl.

Auch die Sprachpathologie, die neurodegenerativen Erkrankungen wie z.B. die Alzheimer-Krankheit, die Parkinson-Krankheit und die Huntington-Krankheit, sprechen dafür, dass Wörter und Regeln im Allgemeinen auf verschiedenen Systemen im Gehirn beruhen. Nach M. Ullman *et al.* (1997a,b) gehören die Wörter zum „*Gewusst was*“-System und die Regeln zum „*Gewusst wie*“-System. Eine ähnliche Hypothese haben auch die Neurologen Antonio und Hannah Damasio aufgestellt (DAMASIO / DAMASIO 1992: 80-92).

Die Degeneration der Neuronen in den Basalganglien beeinträchtigt eindeutig mehr die Grammatikverarbeitung als den Wortzugriff. Die Degeneration der Zellen in den Schläfen- und Parietallappen beeinträchtigt dagegen den Wortzugriff, die Grammatik funktioniert reibungslos, aber gebräuchliche und passende Wörter werden nicht entsprechend leicht und schnell ausgewählt.

Die zahlreichen empirischen Studien zum Spracherwerb unter nicht-pathologischen Bedingungen zeigen auch deutlich, dass das Lexikon zumindest teilweise durch das deklarative System, die Morphosyntax durch das prozedurale System gesteuert wird (vgl. z.B. PARADIS 1994). H. Pishwa (1998) betont, dass implizites Wissen insbesondere für die Ausbildung der Morphosyntax in der L2-Aneignung erforderlich ist. Das Lexikon dagegen kann nachweislich explizit und bewusst gelernt werden. Mit anderen Worten, der Erwerb des Lexikons ist wesentlich „anfälliger“ für explizite Lehrverfahren und weniger alterssensitiv als der Erwerb der Morphosyntax. Nach W. Butzkamm (1999) und S. Pinker (2000) werden Wörter explizit gelernt, aber unbewusst verwendet.

Michael Paradis, der als Vorreiter auf dem Feld neurolinguistischer Studien zur Mehrsprachigkeit gilt, versucht in einem programmatischen Artikel mit dem Titel *The neurolinguistics of bilingualism in the next decades* (PARADIS 2000: 178-180) einige Zukunftsaufgaben für die Neurobiologie der Mehrsprachigkeit zu formulieren. Er geht von einer Reihe soziokultureller und wirtschaftlicher Tatsachen aus, wie die weltweit steigende Zahl mehrsprachiger Menschen, die zunehmende Sensibilität gegenüber Minderheitenproblematiken, Globalisierung der Märkte, weltumspannende Kommunikationsmöglichkeiten und die neue Sensibilität in Schule und Politik gegenüber Fragen der Mehrsprachigkeit; sie werden dazu führen, dass Phänomene der Zweisprachigkeit vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die Anwendung neuer Techniken, wie die der modernen bildgebenden Verfahren, werden nach M. Paradis (2000) unser Wissen über neurobiologische Korrelate der Mehrsprachigkeit weitgehend erweitern. M. Paradis (2000) postuliert demnach für die nächsten Jahrzehnte folgende Problemstellungen: 1. Es gilt Faktoren zu finden, die auf eine parallele Verarbeitung verschiedener Sprachen schließen lassen oder auf eine sukzessive, selektive, antagonistische oder gemischte Verwendung derselben hindeuten. V.a. wird man sich fragen müssen, welche Faktoren auf das eine oder andere Muster der Sprachprozessierung einwirken. 2. Man wird weiter untersuchen, wie und wo das Gehirn implizites und explizites Wissen bereithält. Dabei sollte man die Funktionsweise von Systemen untersuchen, die auf das metalinguistische Wissen und

die pragmatischen Kommunikationsfähigkeiten zurückgreifen. Die Anwendung neuer Techniken soll es ermöglichen Aussagen bezüglich der Verarbeitung von Erstsprachen und Sprachen, die im späten Verlauf des Lebens erworben wurden, zu erhalten. 3. Weiter fordert M. Paradis (2000), die Rolle der Gehirnstrukturen zu untersuchen, die die linguistische Kompetenz ausmachen: das metalinguistische Wissen, die kommunikativen Fähigkeiten und die Motivation. Dabei wird man sich fragen, welche die neurophysiologischen Korrelate von spezifischem Sprachgebrauch sind, wie bspw. Code switching, code-mixing und Simultanübersetzung. Fragen, die hier prominent sind: Gibt es Unterschiede auf neurophysiologischer Ebene beim frühen Erwerb von Sprachen? Wie unterscheiden sich davon spät erworbene Sprachen, wie sieht die Prozessierung mehrerer Sprachen aus?

## 6. FAZIT

Der vorliegende Beitrag versucht zu zeigen, dass die Befunde der kognitiven Neurowissenschaft eine hohe glottodidaktische Relevanz aufweisen. Sie bereichern unser bisheriges glottodidaktisches Wissen, indem sie uns Einblick in ein phantastisches Stück Materie, in die wunderbare Welt der Organisation und Funktion des menschlichen Gehirns gewähren. Sie korrigieren manche falsche Vorstellungen von der Natur des Menschen sowie von der Natur der Sprache und versuchen zu zeigen, was die neurobiologische Voraussetzung des Spracherwerbs und des (Sprach)Wissens ausmacht. Die genauen hirnpfysiologischen Korrelate werden nicht nur zu unseren lebensweltlichen Erfahrungen, zu unseren Gedächtnisarten gesucht, sondern auch zur menschlichen Mehrsprachigkeit. Das sorgfältige Studium dieser bisherigen Befunde erlaubt uns, das teilweise zu bestätigen bzw. zu vertiefen, was wir implizit schon wissen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der intelligente Einsatz der bildgebenden Verfahren den Erkenntnisgewinn im Bereich der Neurowissenschaft und die interdisziplinäre Zusammenarbeit weiter vorantreiben wird.

## LITERATUR

- BUTZKAMM, W. / BUTZKAMM, J. (1999). *Wie Kinder sprechen lernen. Kindliche Entwicklung und die Sprachlichkeit des Menschen*. Tübingen: Francke.
- BROCA, P. (1861). Remarques sur le siège du langage articulé survie d'une observation d'aphemie (perte de la parole). In: *Bull. Soc. Anat.* 36, S. 330-357.
- CAPLAN, D. (1980). *Biological studies of mental processes*. London: Cambridge, Mass.



- CHOMSKY, N. (1984). *Modular approaches to the study of the mind*. San Diego: State University Press.
- CHOMSKY, N. (1999). *Sprache und Politik*. Frankfurt a.M.: Philo.
- CHANGEUX, J.-P. (1984). *Der neuronale Mensch. Wie die Seele funktioniert – die Entdeckung der neuen Gehirnforschung*. Reinbek: Rowohlt.
- CRICK, F. (1994). *Was die Seele wirklich ist. Die naturwissenschaftliche Erforschung des Bewusstseins*. München: Artemis und Winkler.
- CRICK, D. / KOCH, C. (1995). Are we aware of neural activity in primary visual cortex?. In: *Nature* 375, S. 121-123.
- DAMASIO, R. A. (2004). *Ich fühle, also bin ich. Die Entschlüsselung des Bewusstseins*. Berlin: List.
- DAMASIO, R. A. (2006): *Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn*. Berlin: List Taschenbuch.
- DAMASIO, R. A., DAMASIO, H. (1992). Sprache und Gehirn. In: *Spektrum der Wissenschaft* 11, S. 80-92.
- ECCLES, J. C. (1994). *Wie das Selbst sein Gehirn steuert*. München: Piper.
- EDELMAN, G. M. (2004). *Das Licht des Geistes. Wie Bewusstsein entsteht*. Düsseldorf, Zürich: Patmos.
- ELLIS, N. (ed.) (1994). *Implicit and Explicit Learning of Languages*. San Diego: Academic Press.
- FLETCHER, P. C. / ZAFIRIS, O. / FRITH C. D. / HONEY R. A. / CORLETT, P. R. / ZILLES K. / FINK G. R. (2005). On the benefits of not trying: brain activity and connectivity reflecting the interactions of explicit and implicit sequence learning. In: *Cereb. Cortex*, 15 (7), S.1002-1015.
- FORMAN M. S. / TROJANOWSKI, J. Q. / LEE, V. M.-Y. (2004). Neurodegenerative diseases: a decade of discoveries paves the way for therapeutic breakthroughs. In: *Nature Medicine*, 10 (10), S. 1055-1063.
- GAZZANIGA, M. S. / IVRY, R. B. / MANGUN, G. R. (1998). *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*. New York: Norton.
- FRIEDERICI, A. D. (1984). *Neuropsychologie der Sprache*. Stuttgart: Kohlhammer.
- GOODGLASS, H. (1993). *Understanding aphasia*. San Diego, CA: Academic Press.
- HÜSING, B. / JÄNCKE, L. / TAG, B. (2006). *Impact Assessment of Neuroimaging*. Zürich/Singen: Hochschulverlag AG.
- JÄNCKE, L. (2005). *Methoden der Bildgebung in der Psychologie und den kognitiven Neurowissenschaften*. Stuttgart: Kohlhammer.
- KANDEL, E. R. (2006). *Auf der Suche nach dem Gedächtnis. Die Entstehung einer neuen Wissenschaft des Geistes*. München: Siedler 2006.
- KARNATH, H.-O. / THIER, P. (eds.) (2006). *Neuropsychologie*. Heidelberg: Springer.
- KNOWLTON, B. J. / SQUIRE, L. R. (1993). The learning of categories: Parallel brain systems for item memory and category knowledge. In: *Science* 262, S. 1747-1749.
- KOLB, B. / WHISHAW, I. (1996). *Neuropsychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- LIEBERMAN, P. (1984): *The Biology and Evolution of Language*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- KORNACK, D. R. / RAKIC, P. (2001). The generation, migration, and differentiation of olfactory neurons in the adult primate brain. In: *Proceedings of the National Academy of Science USA*, Vol. 98, Nr. 8, S. 4752-4757.
- METZINGER, T. (1993): Die gegenwärtige Situation in der Philosophie des Geistes. In: *Information Philosophie* 4, S. 14-24.
- METZINGER, T. (1996). *Bewusstsein. Beiträge aus der Gegenwartsphilosophie*. Paderborn: Schöningh.
- PARADIS, M. (1994). Neurolinguistic Aspects of Implicit and Explicit Memory: Implications for Bilingualism and SLA. In: N. ELLIS (ed.). *Implicit and Explicit Learning of Languages*. San Diego: Academic Press, S. 393-419.

- PARADIS, M. (2000). The neurolinguistics of bilingualism in the next decades. In: *Brain and Language* 71, 2000, S. 178-180.
- PASCUAL-LEONE, A. / TORRES, F. (1994). Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. In: *Brain* 116, 2, S. 39-52.
- PINKER, S. (2000). *Wörter und Regeln. Die Natur der Sprache*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- PISHWA, H. (1998). *Kognitive Ökonomie im Zweisprachenerwerb*. Tübingen, Narr 1998.
- POPPER, K. R. / ECCLES, J. C. (1982). *Das Ich und das Gehirn*. München: Piper.
- ROTH, G. (2003). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- RAICHLER, M. E. (1998). Behind the scenes of functional brain imaging: A historical and physiological perspective. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95, S. 765-772.
- RAICHLER, M. E. (2000). A brief history of human functional brain mapping. In: A. TOGA & J. C. MAZIOTTA (eds.). *Brain Mapping*. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo: Academic Press, S. 33-75.
- SADOWNIK, B. (2006). *Zur Relation zwischen explizitem und implizitem Grammatikwissen im unterrichtlichen Fremdspracherwerb*. Lubelskie Materiały Neofilologiczne 30, Lublin: Wydawnictwo UMCS, S. 66-93.
- SHORS, T. J. / MIESEGEAS, G. / BEYLIN, A. / ZHAO, M. / RIEDEL, T. / GOULD, E. (2001). Neurogenesis in the adult is involved in the formation of trace memories. In: *Nature* 410, S. 372-376.
- SQUIRE, L. R. (1987). *Memory and the Brain*. New York: Oxford Academic Press.
- SQUIRE L. R., ZOLA-MORGEN S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science* 253, S. 1380-1386.
- SQUIRE, L. R. / KANDEL, E. (1999). *Gedächtnis*. Heidelberg, Berlin: Spektrum.
- TULVING, E. / CRAIK, F. (ed.) (2000). *The Oxford handbook of memory*. Oxford: Oxford University Press.
- ULLMAN, M. / BERGIDA R. / O' CRAVEN, K. M. (1997a). Distinct fMRI activation patterns for regular and irregular past tense. In: *NeuroImage* 5, S. 5-49.
- ULLMAN M. / CORKIN, S. / COPPOLA, M. / HICKOK, G. / GROWDON, J.H. / KOROSHETZ, W. J. / PINKER, S. (1997b): A neural dissociation within language: Evidence that the mental dictionary is part of declarative memory, and that grammatical rules are processed by the procedural system. In: *Journal of Cognitive Neuroscience* 9, s. 289-299.
- UNGER, J. / SPITZER, M. (2000). Bildung neuer Nervenzellen in alten Gehirnen? Ein kritischer Überblick über das Problem der postnatalen Neurogenese. In: *Nervenheilkunde* 19, S. 65-68.
- WANG, G.J. *et al.* (1999). Regional brain metabolic activation during cravings elicited by recall of previous drug experiences. In: *Life Sciences* 64, S. 775-794.
- WERNICKE, C. (1874). *Der aphasische Symptomenkomplex*. Breslau: Cohn & Wegert.

## ZNACZENIE NEURONAUKI POZNAWCZEJ DLA GLOTTODYDAKTYKI

NEUROBIOLOGICZNE KORELATY UTAJONEJ WIEDZY O JĘZYKU TYPU *IMPLICITE*

I WIEDZY JAWNEJ TYPU *EXPLICITE*

### Streszczenie

Autorka wychodzi z założenia, że złożoność i wieloaspektowość przedmiotu badań glottodydaktyki wymaga interdyscyplinarnego otwarcia w zakresie niezbędnym do rozwiązywania podstawowych problemów badawczych. Szczególnie obiecująca wydaje się być perspektywa stopniowego zbliżania się dwóch pierwotnie odrębnych dziedzin wiedzy: neurobiologii, badającej

mózg człowieka, oraz psychologii procesów poznawczych, badających ludzki umysł. Artykuł omawia intensywny rozwój dyscypliny zwanej neuronauką poznawczą (*cognitive neuroscience*) i podkreśla jej znaczenie dla dalszego rozwoju badań glottodydaktycznych. Na wstępie został poruszony problem modularności ludzkiego mózgu i złożonej relacji między umysłem a mózgiem. Nowe światło na modularność mózgu rzuciły nowoczesne metody neuroobrazowania funkcjonalnego. Autorka wskazuje na fakt, że obecnie ocenie neuroobrazowej i psycholingwistycznej poddawani są nie tylko pacjenci z chorobami neurologicznymi, lecz również osoby zdrowe. Dzięki temu można łatwiej poznać mózgową lokalizację określonych funkcji poznawczych.

Dalsze rozważania autorki koncentrują się wokół dwóch zasadniczych rodzajów wiedzy, gromadzonej w pamięci trwałej i na ich neuronalnych korelatach. W literaturze neurobiologicznej dominuje pogląd, iż *wiedza „jak”*, tj. intuicyjna wiedza typu *implicite*, i *wiedza „że”*, tj. świadoma wiedza o świecie/o języku, względnie wiedza proceduralna i deklaratywna, stanowią dwa odrębne systemy wiedzy, związane z różnymi strukturami ośrodkowego układu nerwowego. Strukturą najczęściej związaną z pamięcią deklaratywną jest hipokamp i przylegająca do niego kora mózgu. Pamięć niedeklaratywna zlokalizowana jest w strukturach związanych z układem ruchu, głównie w jądrach podstawowych oraz mózdzku. Wyniki badań dotyczących relacji występujących między wiedzą metajęzykową, czyli jawną wiedzą o języku a wiedzą utajoną, typu *implicite* w procesie akwizycji języków obcych, potwierdzają także tezę, że odrębne obszary kory mózgowej zaangażowane są w przetwarzanie, wytwarzanie struktury (składni) i znaczenia (semantyki) wypowiedzi zdaniowej. Bardzo obiecującym kierunkiem badań w oparciu o metody obrazowania pracy mózgu wydaje się być analiza związku między emocjami a pamięcią.

Autorka reprezentuje pogląd, że weryfikacja i następnie integracja wysiłków badawczych, podejmowanych zwłaszcza na gruncie neuronauki poznawczej stwarza możliwość ustawicznego korygowania (drogą racjonalnej dyskusji) hierarchii celów i problemów badawczych na gruncie glottodydaktyki.

*Streściła Barbara Sadownik*

**Słowa kluczowe:** glottodydaktyka, neuronauka poznawcza, modularność ludzkiego mózgu, metody obrazowania pracy mózgu, utajona wiedza o języku typu *implicite* a wiedza jawna typu *explicite*, pamięć.

**Schlüsselwörter:** Glottodidaktik, cognitive Neurowissenschaft, Modularität des menschlichen Gehirns, bildgebende Verfahren der neuronalen Aktivität, implizites versus explizites Sprachwissen, Gedächtnis.

**Key words:** glottodidactic, cognitive neuroscience research, modularity of brain, neuroimaging methods, implicit and explicit knowledge of language, memory.