

ZUR ZEREBRALEN ORGANISATION VON SPRACHE

PAWEŁ KUBIAK

Adam Mickiewicz University – Poznań

ABSTRACT. The article is devoted to the cerebral organisation of language. This work is intended as a state-of-the-art paper describing current research and theory in some subfields of cognitive neuroscience that may be of importance for the glottodidactics. Part 1 focuses on the issue of lateralization of language. Part 2 provides information on evaluation procedures in brain and points out that language, cognition and emotion can't be viewed as separate elements of mental processing. An attempt has been made to elucidate the role of epigenetic determinations in learning process. In part 3 experimental aspects of neurolinguistics are emphasized, such as aphasia research, advanced brain mapping techniques as essential steps toward better understanding the neural correlates of language functions, and a review how event-related potentials (ERPs) have been used to reflect semantic and syntactic processing in normal adults and children.

Am Firmament der Bezugswissenschaften der Sprachlehrforschung leuchtet schon seit einiger Zeit die Neurowissenschaft, deren Erkenntnisse auf reges fachwissenschaftliches Interesse stoßen. Die Herausforderung des vorliegenden Aufsatzes besteht darin, einige glottodidaktisch relevante Erkenntnisse der Hirnforschung komprimiert darzustellen, um Einblicke in mentale Prozesse, die bei der Sprachverarbeitung ablaufen, zu gewinnen.

1. Exkurs: Lateralisierung von Sprache

Die neurobiologische Erforschung der Sprache und damit zugleich die wissenschaftliche Neuropsychologie begann mit den berühmten Untersuchungen von Aphasie-Patienten durch Paul Broca und Carl Wernicke im 19. Jahrhundert. Seitdem wird die Sprachproduktion mit dem Broca-Areal und die Sprachrezeption mit dem Wernicke-Areal in Verbindung gebracht. Das Broca-Zentrum dient der Umsetzung semantischer Muster vom Wernicke-Zentrum in motorische Pläne, die an das sprachmotorische Feld weitergegeben werden. Die Begriffe aus dem Wernicke-Zentrum werden in eine syntaktische und grammatikalische Ordnung gebracht. Das Brocasche Areal ist auf beiden Hemisphären nachweisbar, obwohl bei den meisten Menschen (ca. 98%) nur das linke für die Sprachmotorik funktionell aktiv ist.

Schäden in dieser Region führen meistens zu undeutlichem Sprechen und gravierenden syntaktischen Defiziten (sog. Agrammatismus). Bei der Broca-Aphasie ist die grammatische Struktur der Sätze auf einzelne kommunikativ wichtige Substantive, Verben und Adjektive (Inhaltswörter) reduziert. Die Sätze ähneln damit einem „Telegrammstil“.

Wernicke-Aphasiker können oftmals keine gesprochene Sprache verstehen. Die Sprachmelodie der Spontansprache ist bei Menschen mit Wernicke-Aphasie normal, auch die Phrasenlänge und die Sprechgeschwindigkeit entsprechen der Normalsprache. Auffällig ist jedoch, daß die Rede durch viele phonematische Paraphasien (z.B. Spille statt Spinne) und semantische Paraphasien (z.B. Stuhl statt Tisch) entstellt ist. Es kommt zur Bildung von Neologismen, zu Satzabbrüchen, Satzverschränkungen (sog. Paragrammatismus). Deshalb wird im Wernicke-Zentrum ein Konnex zum mentalen Lexikon vermutet.

Auf der Suche nach biologischen Fundamenten der Sprachlateralisierung wurden anatomische und biochemische Differenzen zwischen den Hemisphären eruiert, deren funktionelle Bedeutung aber in den seltensten Fällen klar ist. Folgende Beispiele seien hier betrachtet:

- Das Planum temporale (der hintere Teil des Temporallappens), das auditorische Sinneseindrücke analysiert, ist auf der linken Seite größer. Es gibt jedoch keine stringenten Evidenzen dafür, wie das Planum temporale mit der Sprachverarbeitung zusammenhängt und warum es zur Erfüllung möglicher spezieller Funktionen linksseitig größer sein muß;
- Die Pars opercularis, wo das Broca-Areal angesiedelt ist, ist links größer als rechts;
- Die Sylvische Fissur (eine Furche, die den Temporallappen von dem Frontallappen trennt) verläuft in der linken Hirnhälfte gerader und ist länger im Vergleich zu ihrem rechtshemisphärischen Pendant.

Mit der traditionellen Dichotomie *verbale linke Hemisphäre* vs. *”stumme” rechte Hemisphäre* wird im neurowissenschaftlichen Metier aufgeräumt. Vielmehr ist davon auszugehen, daß bei der Sprachverarbeitung ein synergistischer interhemisphärischer Modus procedendi aktiviert wird. Durch den Balken (Corpus callosum), welcher einen kontinuierlichen Informationsaustausch zwischen der linken und der rechten Hirnhälfte gewährleistet, werden die komplementären Leistungen im Gehirn kombiniert und integriert. Linke konstatiert:

Die Beziehung zwischen den beiden Hirnhälften gestaltet sich sehr dynamisch. In den achtziger Jahren glaubte man noch an einen übersichtlichen Dualismus, indem man die Sprache der linken und das Bild der rechten Hirnhälfte zuordnete. Mittlerweile müssen wir das etwas komplexer sehen.

So kann das Sprachzentrum bunte Variationen und Verteilungsmuster aufweisen. Bei unseren Untersuchungen stießen wir auf geradezu bizarre Lokalisationsmuster

der Sprachzentren und der Gedächtnisfunktionen. Wir sahen Fälle, in denen sogar Rechtshänder ihr Sprachzentrum in der rechten Hirnhälfte hatten, also eine gekreuzte Lokalisation des Sprachzentrums aufwiesen. Damit fällt die klassische Vorstellung, daß nur die dominante Hirnhälfte eine sprachliche Leistung vollbringen würde. Es gibt auch Fälle, in denen die Sprache auf beide Hirnhälften verteilt und sprachliche Leistungen nur dann vollzogen werden können, wenn beide Hirnhälften aktiviert werden. Das heißt, dieses ‚Ich denke, also bin ich‘ könnte im Prinzip in beiden Hirnhälften unabhängig voneinander stattfinden. (Linke 1996:28)

Festzuhalten ist, daß die linke Hemisphäre eine größere Rolle bei der Sprachproduktion, bei der Verarbeitung von syntaktischer Information, beim phonemischen Dekodieren spielt, die rechte dagegen bei der Produktion und Perzeption von Prosodie, bei der Aufnahme paralinguistischer Stimuli (Weinen, Lachen etc.) sowie bei den pragmatischen Aspekten von Sprache (z.B. Inferenzen aus dem situativen Kontext). Zawadzka unterstreicht die Rolle der rechten Hemisphäre bei der Sprachrezeption: „Dank ihrer Anteilnahme werden die ersten aufgrund der erkannten Muster und Oberflächenstrukturen entstandenen Hypothesen aufgestellt und ihre Verifizierung bzw. Falsifizierung durchgeführt“ (Zawadzka 1988:48). Sie ist mehr mit der Identifizierung emotionaler Nuancen einer Aussage verbunden (vgl. Budohoska-Grabowska 1992).

Laut Baur ist die Kooperation der linken mit der rechten Gehirnhälfte von eminenter Bedeutung für die kommunikative Anwendung der Sprache, denn zur kommunikativen Kompetenz gehören viele Fähigkeiten, welche die rechte Hemisphäre „verwaltet“: das Erkennen eines Gesprächspartners, die Beobachtung und Bewertung seiner emotionalen Reaktion, die richtige Einschätzung der Gesamtsituation u.a.m. (Baur 1990:19).

Allem Anschein nach läßt sich Sprachlateralisierung am besten als eine kontinuierliche Variable und nicht als linkshemisphärisch, rechtshemisphärisch oder gemischt kategorisieren. Es bleibt noch ungeklärt, warum unterschiedliche Komponenten des Sprachnetzwerkes inhomogene Lateralisierungseffekte aufweisen (Hund-Georgiadis/von Cramon 1999).

Die morphologische Ursache für die unterschiedlichen psychologischen Funktionen der beiden Hemisphären könnte der Hypothese von Miller (1996, rezipiert bei Birbaumer/Töpfner 1998) zufolge darin liegen, daß die linke Hemisphäre (bei den meisten Rechtshändern) eine höhere Variabilität der Faserdicke (Myelinisierung) intrakortikaler Nervenfasern (Axone) und insgesamt mehr langsamer leitende, dünnere Axone aufweist. Die verstärkte Variabilität in der Nervenleitgeschwindigkeit der innerkortikalen Kommunikation könnte erklären, warum syntaktische Funktionen und Zeitstrukturen fast immer links lokalisiert sind: Die variable zeitliche Struktur von Sätzen und grammatikalischen Wendungen und Willensbewegungen erfordert die Möglichkeit hoher zeitlicher Auflösung des Informationsflusses innerhalb jener Großhirnareale, die diese Funktionen determinieren. Gazzaniga zieht aus der Hemisphärendiskussion folgende Konsequenzen:

Nicht alle Gehirne sind auf die gleiche Art organisiert. Spezielle Begabungen [...] können sowohl in der rechten wie auch in der linken Hemisphäre angesiedelt sein. Letztlich ist nicht so wichtig, wo die einzelnen Fähigkeiten zu finden sind, sondern daß bestimmte Gehirnsysteme bestimmte Aufgaben erfüllen. Wir kommen damit der Vorstellung näher, daß das Gehirn modular organisiert ist, denn dieser Schluß ist mit allen vorliegenden Untersuchungsergebnissen zu vereinbaren. Ob die Module sich in allen Fällen an der gleichen Stelle befinden, ist von zweitrangiger Bedeutung. (Gazzaniga 1989:75)

2. Bewertungsverfahren im Gehirn

Aufgrund neuerer Untersuchungen (vgl. Roth 1997) erweist sich das triptychonale Gehirnmodell von MacLean („triune brain“ – MacLean 1990) als revisionsbedürftig. Zum einen, weil die wesentlichen Teile des Wirbeltiergehirns in der Evolution gleichzeitig entstanden und somit keine phylogenetisch neuen Hirnregionen hinzugekommen sind. Zum zweiten zeigen neuroanatomische und neurophysiologische Untersuchungen, daß „Hirnstamm, limbisches System und Neocortex anatomisch und funktional aufs engste miteinander verbunden sind“ (Roth 1997:197).

Roth (1991) betrachtet das Gehirn als ein dynamisches System sich selbst organisierender, geordneter neuronaler Netzwerke. Die Ordnung wird durch drei Typen von Funktions- und Strukturdeterminationen konstituiert:

- genetische Determination;
- epigenetische Determination (Selbstreferentialität neuronaler Netze);
- Determination durch die Umwelt.

Die Selbstreferentialität erhebt Roth in den Rang des grundlegenden Organisationsprinzips des Gehirns:

Dieses Prinzip besagt, daß das Gehirn die Kriterien, nach denen es seine eigene Aktivität bewertet, selbst entwickeln muß, und zwar aufgrund früherer interner Bewertungen der eigenen Aktivität. Lernen ist für das Gehirn (und damit den Gesamtorganismus) stets Lernen am Erfolg oder Mißerfolg eigenen Handelns, wobei die Kriterien für die Feststellung von Erfolg selbst wieder dem Lernen am Erfolg unterliegen. (Roth 1991:148)

Jedem Lernvorgang geht ein Bewertungsprozeß voraus: Das Gehirn stellt nämlich fest, ob es für neue Stimuli „bereits fertige ‘Lösungen’ in Form schon existierender neuronaler Netzwerke besitzt oder nicht“ (Roth 1999:A-1959f). In dieses Bewertungsverfahren fließen folgende Kriterienpaare ein: bekannt – unbekannt, wichtig – unwichtig. Bekanntes und als unwichtig eingeordneter Input fällt dem Vergessen anheim. Informationen, die als unbekannt und unwichtig ein-

gestuft werden, werden zwar wahrgenommen, doch allenfalls an das Kurzzeitgedächtnis weitergeleitet. Wird eine Information als unbekannt und wichtig klassifiziert, so wird ihre Einlagerung in das Gedächtnis unter bewußter, gerichteter Aufmerksamkeit vollzogen, was mit einer Erhöhung der lokalen neuronalen Aktivität, des lokalen Stoffwechsels und des lokalen Blutflusses in den für die jeweilige Leistung zuständigen Bereichen korreliert. Hierbei kommt es – unter Kontrolle der retikulären Formation, des cholinergen Systems des basalen Vorderhirns und anderer limbischer Zentren in Zusammenarbeit mit denjenigen Hirnarealen, die an Gedächtnisbildung beteiligt sind – zur synaptischen Umverknüpfung bereits existierender lokaler neuronaler Netzwerke, wodurch neue Netzwerke entstehen.

Lern- und Bewußtseinsprozesse sind demnach nicht als eine "Domäne" des Neocortex zu sehen, sondern müssen mit dem limbischen System und anderen subkortikalen Zentren in Beziehung gesetzt werden (vgl. Klimesch 1989; Roth 1997, 1999). In diesem Zusammenhang ist auf die Beteiligung folgender Anteile des limbischen Systems an diesen Prozessen zu verweisen:

- Im Hippocampus wird der Sitz des deklarativen Gedächtnisses geortet;
- Die Amygdala wirkt bei der Bildung von negativ eingefärbten Gedächtnisinhalten und bei der Ausbildung von Angst und Furcht mit;
- Der dopaminerge Nucleus accumbens und das ventrale tegmentale Areal werden mit positiv eingefärbten Gedächtnisinhalten, mit Lust und mit Aufmerksamkeit in Zusammenhang gebracht.

Die affektiv-emotionale Ebene ist also jedem Lernkontext und damit dem Fremdsprachenunterricht inhärent: „Darüber, ob ein Lernerfolg eintritt oder nicht, entscheiden von Anfang an nicht nur der objektive Lernstoff, sondern die emotionale Komponente gleichermaßen“ (Götze 1997:93).

An dieser Stelle sei angemerkt, daß die suggestopädische Methode von Lozanov die Taxonomie der Lernziele um ein für die Fremdsprachendidaktik ungewöhnliches und zugleich neues Ziel bereichert hat, nämlich um ein affektives Lernziel, das darauf ausgerichtet ist, Einstellungen von Lernenden auf einer unbewußten Ebene positiv zu beeinflussen.

3. Sprache(n) im Gehirn – neurolinguistische Befunde

Für die Sprachlehrforschung sind Berichte über Aphasiefälle bei multilingualen Sprechern von einer nicht zu unterschätzenden Bedeutung, denn sie machen es möglich, zu Erkenntnissen über mentale Prozesse, die in der Sprachentwicklung¹

¹ Der Verfasser gebraucht den Terminus „Sprachentwicklung“, den Skowronek (1997:123) als „Umgang mit Sprache, das Sprachenlernen, den Sprachgebrauch, die Sprachpraxis, zu der man

zum Tragen kommen, zu gelangen. Diese Befunde kann sich aber auch die Translationswissenschaft zunutze machen.²

Die Diskussion über multilinguale Sprachrepräsentation im Gehirn wurde u.a. durch die in Ojemann (1991) skizzierten Untersuchungen von polyglotten aphasischen Probanden entfacht, aus denen sich schlußfolgern ließ, daß die zweite Sprache in einem weiteren Feld des linken Cortex angesiedelt ist als die Erstsprache.

Paradis (1995) nuanciert die Funktionen der Hemisphären: je nachdem, was man unter Sprache versteht. Wenn man Sprache nur als die implizite linguistische Kompetenz auffaßt, dann kann nicht von einer differentiellen Lateralisation die Rede sein. Läßt man aber in die Definition der Sprache noch zusätzlich den pragmatischen Aspekt des Sprachgebrauchs einfließen, dann kann man bei Bilingualen mit einer weniger beherrschten zweiten Sprache eine Involvierung der rechten Hirnhälfte konstatieren.

Die These einer differentiellen Lateralisation der Sprache bei Mono- und Multilingualen muß jedoch in Anbetracht der Inkonsistenz der Untersuchungsergebnisse solidere empirische Absicherung finden. Neben der klassischen aphasologischen Forschung wurden in den letzten Jahren in zunehmendem Maße bildgebende Verfahren zur Erforschung der neuronalen Korrelate von Sprachverarbeitungsprozessen eingespannt. Die dabei gewonnenen Einsichten haben ein neues Licht auf die Rolle der klassischen linkshemisphärischen Sprachgebiete (Broca- und Wernicke-Zentrum) bei der Produktion und dem Verstehen von Sprache geworfen. Zum einen konnten mit modernen Diagnosemethoden (z.B. Positronenemissionstomographie [PET], funktionelle Kernspintomographie [fMRI]³) neue Erkenntnisse über zerebrale Aktivierungsmuster bei verschiedenen Sprachverarbeitungskomponenten geerntet werden. Zum anderen ist es gelungen, mit Hilfe der Messung ereigniskorrelierter elektrischer Potentiale (*engl.* ERP = event-related potential) und Magnetfeldveränderungen (MEG)⁴ den temporalen

entweder unbewußt durch natürliche Kontakte mit der sozialen Umgebung implizit gelangt (Erwerb, *engl.* *acquisition*) oder bewußt durch explizites gesteuertes Lehrhandeln (Lehren, Unterrichten, *engl.* *learning*)“ auffaßt.

² Vgl. Untersuchungen von Paradis et al. (1982), aus denen hervorgeht, daß beim Übersetzen andere mentale Prozesse aktiviert werden als bei unilingualer Sprachverarbeitung. Die Forscher gelangen zu der Erkenntnis, daß sich bei zweisprachigen Personen vier unabhängige neuronale Systeme herausbilden: jeweils eins für jede Sprache sowie zwei für das Hin- und Herübersetzen. Die Fähigkeit zum Übersetzen muß folglich als unabhängig vom Beherrschungsgrad der Ausgangs- und Zielsprache betrachtet werden.

³ Diese Untersuchungsmethode ist mit der Computertomographie vergleichbar. Allerdings arbeitet die Kernspintomographie mit einem starken Magnetfeld und kurzen Radioimpulsen, auf die die Organe wie Radioantennen reagieren. Jeder Gewebetyp zeigt dabei ein besonderes Muster. Dadurch können Größe und Struktur von Organen in sehr hoher Auflösung beurteilt werden.

⁴ Die Magnetenzephalographie (MEG) – das biomagnetische Pendant zur Elektroenzephalographie (EEG) – hat sich als zukunftsreicher Forschungszweig der Neurowissenschaften herauskristallisiert. Zwar ist die räumliche Auflösung aus physikalischen Gründen begrenzt, im Hin-

Hergang des Zugriffs auf lexikalische Informationen und deren Integration auf Satzebene weiter zu spezifizieren.⁵ Auf der Grundlage von ERP-Ableitungen konnte z.B. die unterschiedliche Verarbeitung von Eigennamen und Gattungsbezeichnungen im Gehirn (die Sonderstellung der Eigennamen innerhalb der Nomina) elektrophysiologisch untermauert werden (Müller/Kutas 1997).

In einem bei Hahne/Friederici (1999) ausführlich dargestellten Experiment wurden subtile Änderungen der Hirnaktivität erfaßt, die mit dem Prozeß des Sprachverstehens zusammenhängen. Die Versuchsleiter haben Probanden Sätze präsentiert, die:

- korrekt (z.B. „Das Baby wurde gefüttert“);
- semantisch inkorrekt („Das Lineal wurde gefüttert“);
- syntaktisch inkorrekt („Die Gans wurde im gefüttert“).

semantisch und syntaktisch inkorrekt („Die Burg wurde im gefüttert.“)⁶ waren. Dabei wurde das ereigniskorrelierte Hirnpotential gemessen. Die Untersuchung zeigte, daß sich bei der Verarbeitung syntaktisch falscher Sätze nach etwa 200 Millisekunden ein typisches Aktivitätsmuster – ELAN (early left anterior negativity = frühe links-anteriore Negativierung) links frontal registrieren läßt. Bei semantisch falschen Sätzen schreitet das Gehirn nach etwa 400 Millisekunden auf; im ERP zeigt sich die sog. N400-Komponente, deren Amplitudenhöhe die Stärke der Aktivierungsprozesse im semantischen Lexikon widerspiegelt. Bei syntaktischen Fehlern reagiert das Gehirn nochmals nach 600 Millisekunden (P600), um Satzstruktur und Wortbedeutung gegeneinander abzugleichen und Fehler auszumerzen.

Anhand der ERP-Analyse wurde ein neurokognitives Modell zur zeitlichen Abfolge der Syntaxverarbeitung während des Verstehens von Sätzen aufgestellt: (Hahne/Friederici 1999:84).

1. Phase: Erkennen der syntaktischen Satzstruktur aufgrund von Informationen zur Wortart; Latenz ca. 200 ms (ELAN), vorne in der linken Cortexhemisphäre:

This process is highly autonomous as it is independent of semantic aspects of the words being processed and it is independent of strategic behavior on behalf of the participant as neither the proportion of incorrect sentences nor the attention-shifting towards the semantic coherence of the sentence has any influence on these processes. (Hahne/Friederici 1999)

2. Phase: Verarbeitung der lexikalisch-semantischen Information, Analyse der Wortbedeutung und Prädikat/Objekt-Beziehung; negatives ERP 400 ms (N400)

blick auf die zeitliche Auflösung besteht dagegen eine erhebliche Überlegenheit gegenüber allen anderen bildgebenden Verfahren.

⁵ <http://www.uni-leipzig.de/~dgfs2001/AGs/04/main.htm>

⁶ Die Beispielsätze sind aus Hahne/Friederici (1999:78) entnommen worden.

nach Stimulus, bilateral centro-parietal (semantische Analyse), links anterior (Verb-analyse): „The processing of lexical-semantic information as reflected in the N400 component can be characterized as being under the participant’s control.” (Hahne/Friederici 1999).

3. Phase: Vergleich der anfänglich erkannten Satzstruktur mit den semantischen und strukturellen Informationen, ggf. Reanalyseprozesse und Fehlerkorrektur; positives ERP 600 ms (P600) nach Stimulus, centro-parietal: „This process also appears to be fairly controlled as it can be influenced by strategic behavior.” (Hahne/Friederici 1999).

Auch bei Kindern wird eine links-anteriore Negativierung ausgelöst, allerdings mit zeitlicher Verzögerung: Bei Achtjährigen erfolgt die ELAN-Aktivierung nach 250 ms, bei Siebenjährigen nach ca. 400 ms; bei jüngeren Kindern dürfte die Verzögerung noch größer sein. Hahne/Friederici ziehen hieraus folgendes Resümee:

[...] although there are clear differences between the children and the adult ERP pattern with respect to the timing and the topography of the observed effects, the data suggest that children around the age of seven years process auditory language partly applying processes similar to adults. In particular the early syntactic processes seem to involve brain systems also used by the adult listeners, as indicated by the distribution of the early negativity. The differences in topography of the late processes may be due to differential strategies accompanying processes of lexical semantic integration and repair in children and in adults. (Hahne/Friederici 1999:86)

Chomsky’s Angeborenen-Hypothese der Universalgrammatik scheint im Lichte der soeben angeführten Befunde auf einem relativ starken Fundament zu ruhen.

Bei Probanden, die nach der Pubertät Deutsch als Fremdsprache gelernt haben, läßt sich keine ELAN-Aktivierung bei den Hirnströmen ermitteln, woraus der Schluß gezogen werden kann, daß die Automatisierung grammatischer Verarbeitungsprozesse bei Zweitsprachlern nicht eintritt. Scheinbar um dieses Defizit zu kompensieren, werden N400- und P600-Komponenten in hohem Maße aktiviert. „Vermutlich versuchen die Lernenden, auf lexikalischer Ebene mitzubekommen, was im Satz eigentlich gesagt worden ist“ (Wilhelm 2000:30).

In einer relativ neuen Studie wurde während sprachlicher Aufgaben mit fMRI die lokale Durchblutung bei Personen gemessen, die eine Fremdsprache im Erwachsenenalter gelernt hatten und diese fließend beherrschten, und bei Personen, die in ihrer Kindheit bilingual aufgewachsen waren. Die Ergebnisse waren wie folgt:

We applied fMRI to determine the spatial relationship between native and second languages in the human cortex, and show that within the frontal-lobe language-sensitive regions (Broca’s area) second languages acquired in adulthood are spatially separated from native languages. However, when acquired during the early language

acquisition stage in development, native and second languages tend to be represented in common frontal cortical areas. In both late and early bilingual subjects, the temporal-lobe language-sensitive regions (Wernicke's area) also show effectively little or no separation of activity based on the age of language acquisition. (Kim et al. 1997:171)

Spracherwerbtheoretische Implikationen der oben erwähnten Befunde sind wohl nicht zu übersehen: Der möglichst frühe Zweitspracherwerb ist neurowissenschaftlich gesehen von Vorteil. Götze konstatiert in diesem Zusammenhang:

Zweitsprachig Aufgewachsene gebrauchen ihre angeborenen und selbstreferentiell ausgebauten Fähigkeiten zum Sprachenlernen und zur Differenzierung von Sprachen und Welt mehrfach: Wer in mehreren Sprachen aufwächst, kennt sich in allen Idiomen besser aus als Menschen mit einsprachiger Erziehung. (Götze 1999:14)

Ferner schildert er mit aller Deutlichkeit Konsequenzen des Ausbleibens der frühen neuronalen Aktivierung: Im Broca-Zentrum wird bei später erworbener Zweitsprache ein eigenes neuronales Netz für die jeweilige zweite Sprache angelegt, was zur Erklärung des beträchtlichen Zeitaufwands und der damit einhergehenden Anstrengung beim Erlernen fremder Sprachen herangezogen werden könnte.

4. Schlußbemerkungen

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß weder die linke noch die rechte Hemisphäre absolut dominant für alle Dimensionen von Sprache ist. Vielmehr muß eine interhemisphärische Integration bei der Sprachverarbeitung angenommen und zur eventuellen Begründung fremdsprachenunterrichtsmethodischen Treatments bei aller gebotenen Vorsicht hinzugezogen werden.

Protagonisten des möglichst frühen Zweitspracherwerbs haben neuerdings eine kräftige Rückenstärkung aus der Neurowissenschaft erhalten. Die *Maxime the younger – the better* (Larsen-Freeman/Long 1991) klingt in diesem Kontext durchaus plausibel.

Auch das an sich nicht neue Postulat, auf die emotionalen Bedürfnisse der Sprachlerner in gebührendem Maße einzugehen, hat im Lichte der neurobiologischen Erkenntnisse von Roth an Aussagekraft gewonnen.

Besonders in gesteuerten Lernkontexten muß der Tatsache Rechnung getragen werden, daß jeder Lernvorgang individuell unterschiedlich ist. Hervorzuheben ist, daß jeder Lernerfolg wie der Sprachlernerfolg durch drei Faktoren konstituiert wird:

- durch das genetische Erbe (Begabung etc.);
- durch die Umwelt (d.h. durch den sprachlichen Input, dem der Lernende ausgesetzt ist, und durch die Lernbedingungen, die es nötigenfalls zu optimieren gilt);
- durch die Selbstreferentialität neuronaler Netze, auf die wohl kein Einfluß genommen werden kann (im Gegensatz zu dem letztgenannten Faktor).

Und last but not least muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß die kognitive Neurowissenschaft, obgleich sie noch in den Kinderschuhen steckt, zu den aussichtsreichsten Referenzwissenschaften der Sprachlehr- und -lernforschung zählt.

LITERATUR

- Baur, R.S. (1990): *Superlearning und Suggestopädie. Grundlagen – Anwendung – Kritik – Perspektiven*. Berlin, München.
- Birbaumer, N.; Töpfner, S. (1998): Hirnhemisphären und Verhalten. In: *Deutsches Ärzteblatt* 95/45, A-2844-2848.
- Budohoska, W.; Grabowska, A. (1992): Organizacja niektórych czynności psychicznych w mózgu: asymetria półkulowa. In: Kurcz, I. (Hrsg.): *Pamięć, uczenie się, język*. Warszawa, 268-292.
- Gazzaniga, M. (1989): *Das erkennende Gehirn. Entdeckungen in den Netzwerken des Geistes*. Paderborn.
- Götze, L. (1997): Hirnprozesse und die Rolle des Gedächtnisses beim Lesen fremdsprachiger Texte. In: *Materialien Deutsch als Fremdsprache* 46, 85-94.
- Götze, L. (1999): Der Zweitspracherwerb aus der Sicht der Hirnforschung. In: *Deutsch als Fremdsprache* 36, 10-16.
- Hahne, A.; Friederici, A.D. (1999): Rule-Application During Language Comprehension in the Adults and the Child. In: Friederici A.D.; Menzel R. (Hg.): *Learning. Rule Extraction and Representation*. Berlin, New York, 71-88.
- Hund-Georgiadis, M.; von Cramon D.Y. (1999): *Die interhemisphärische Verteilung der Sprachdominanz*. Zugänglich: www.uni-leipzig.de/~tk/jahrb/1999/forschung/14.html
- Kim, K.H.S. et al. (1997): Distinct cortical areas associated with native and second languages. In: *Nature* 388, 171-174.
- Klimesch, W. (1989): Bewußtsein und Gedächtnis. Zur Neuropsychologie kognitiver und emotionaler Kontrollprozesse. In: Roth, E. (Hrsg.): *Denken und Fühlen. Aspekte kognitiv-emotionaler Wechselwirkung*. Berlin, New York, 146-163.
- Larsen-Freeman, D.; Long M.H. (Hrsg.) (1991): *An introduction to second language acquisition research*. New York.
- Linke, D.B. (1996): Das Ich und sein Gehirn. Neurophilologische Betrachtungen zur Hirnforschung. Adelbert Reif im Gespräch mit Detlef B. Linke. In: *Lette* 32, 26-33.
- MacLean, P.D. (1990): *The Triune Brain in Evolution*. New York.
- Miller, R. (1996): *Axonal conduction times and human cerebral laterality. A psychobiological theory*. Amsterdam.
- Müller, H.M.; Kutas, M. (1997): Die Verarbeitung von Eigennamen und Gattungsbezeichnungen: Eine elektrophysiologische Studie. In: Rickheit, G. (Hrsg.). *Studien zur Klinischen Linguistik – Methoden, Modelle, Intervention*. Opladen, 147-169.
- Ojemann, G.A. (1991): Cortical organization of language. In: *Journal of Neuroscience* 11, 2281-2287.
- Paradis, M. (Hrsg.) (1995): *Aspects of bilingual aphasia*. Oxford.
- Paradis, M. et al. (1982): Alternate Antagonism with Paradoxal Translation Behaviour in Two Bilingual Aphasic Patients. In: *Brain and Language* 15, 55-69.
- Roth, G. (1991): Neuronale Grundlagen des Lernens und des Gedächtnisses. In: Schmidt, S.J. (Hrsg.): *Gedächtnis, Probleme und Perspektiven interdisziplinärer Gedächtnisforschung*. Frankfurt/Main.
- Roth, G. (1997): *Das Gehirn und seine Wirklichkeit*. Frankfurt/Main.
- Roth, G. (1999): Entstehen und Funktion von Bewußtsein. In: *Deutsches Ärzteblatt* 96/30, A-1957-1961.