

Neurodidaktik des Wortschatzerwerbs – dargestellt am Beispiel englischer Präpositionen

Birgit Lawrenz

Vor dem Hintergrund aktueller neurobiologischer Forschungsergebnisse zur Verarbeitung und Speicherung von Präpositionen wird in diesem Artikel ein neurodidaktisches Lernarrangement zum Erwerb und zur optimalen Vermittlung lokaler Verhältniswörter entwickelt. Das dreiphasige Lernmodell ermöglicht den Lernenden somästhetische Sinnesempfindungen bzw. propriozeptive Wahrnehmungen, integriert unterschiedliche motorische Aktivitäten, löst behaltensfördernde *Enactment*-Effekte aus, nutzt die Dreidimensionalität des Lehrraums und ermöglicht eine multimodale Verarbeitung der Präpositionen sowie eine zusätzliche Speicherung der Wörter im episodischen Gedächtnis. Auf diese Weise wird es den neurophysiologischen Besonderheiten des supramarginalen Gyrus als Verarbeitungs- und Speicherzentrum lokaler Präpositionen optimal gerecht.

Inhalt:

1. Das neurodidaktische Grundanliegen
 2. Die neuronale Verarbeitung und Repräsentation von Präpositionen im Gehirn
 3. Fremdsprachendidaktische und methodische Ableitungen aus den neurowissenschaftlichen Erkenntnissen zur Verarbeitung lokaler Präpositionen
 - 3.1. Ein neurodidaktisches Lernarrangement zur Vermittlung lokaler Präpositionen
 - 3.2. Von der Rezeption und Speicherung zur Produktion lokaler Präpositionen
- Literaturverzeichnis

1. Das neurodidaktische Grundanliegen

Als Fremdsprachenlehrende, Sprachdidaktikerin und -wissenschaftlerin habe ich mich in jüngster Zeit schwerpunktmäßig mit neurodidaktischen Fragestellungen auseinandergesetzt, da es Anliegen des Fremdsprachendidaktikers sein muss, Lernarrangements so zu gestalten, dass sie im Einklang mit den neuroanatomischen Gegebenheiten und neuronalen Prozessen im Gehirn des Lernenden stehen. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage, wie vor dem Hintergrund neuester neurokognitiver Forschungsergebnisse und neurobiologischer Erkenntnisse über die Funktionsweise des Gehirns schulische Lernprozesse im Bereich des Wortschatzerwerbs bzw. der Wortschatzvermittlung so gestaltet werden können, dass sie den Möglichkeiten des menschlichen und insbesondere kindlichen Gehirns optimal gerecht werden.

Da neueste neurophysiologische Studien gezeigt haben, dass unterschiedliche Wortarten und sogar unterschiedliche semantische Wortklassen in völlig unterschiedlichen Gehirnregionen und neuronalen Netzwerken repräsentiert und verarbeitet werden¹, ist es erforderlich, in Abhängigkeit von der jeweiligen Wortart und semanti-

1 Vgl. etwa Damasio et al. (2001) sowie Kemmerer / Tranel (2003) und Kemmerer (2005a): Z.B. werden innerhalb des nominalen Bereiches Tiernamen, Werkzeugnamen, Personennamen etc. in unterschiedlichen Arealen des linken Schläfenlappens verarbeitet und repräsentiert; Nomen, Verben, Präpositionen etc. werden in unterschiedlichen Hirnlappen neuronal repräsentiert.

schen Wortklasse unterschiedliche Lernarrangements zu treffen. Im Folgenden werde ich mich deshalb unter neurodidaktischer Fragestellung auf den Erwerb einer speziellen Wortart, nämlich der Präpositionen, konzentrieren.

2. Die neuronale Verarbeitung und Repräsentation von Präpositionen im Gehirn

Wie jüngste kernspintomographische Untersuchungen von Läsionspatienten durch Kemmerer (2005a, b) gezeigt haben, werden lokale Präpositionen in einer ganz bestimmten Gehirnregion verarbeitet und neuronal repräsentiert. Dabei handelt es sich um den linken supramarginalen Gyrus, der sich im hinteren unteren Scheitellappen des Gehirns befindet. Patienten mit Läsionen in diesem Bereich waren nicht mehr in der Lage, die Bedeutung lokaler Präpositionen wie *in*, *at*, *on* etc. zu erkennen und diese angemessen zu verwenden. Interessanterweise verstanden sie aber sehr wohl noch die Bedeutung der entsprechenden temporalen Präpositionen *in*, *at* und *on*, da diese offenbar in einem ganz anderen Gehirnareal repräsentiert sind. Dies indiziert, dass es wenig Sinn macht, nur aufgrund des identischen Laut- bzw. Schriftbildes die Semantik dieser Präpositionen gleichzeitig zu vermitteln und miteinander zu kontrastieren, wie dies in neuesten Lehrwerken immer noch vorgeschlagen wird (vgl. z.B. *Green Line 1* – Lehrerband mit Kopiervorlagen: Weisshaar 2006:307).

Es stellt sich nun die Frage, welche neurofunktionalen Besonderheiten der supramarginale Gyrus aufweist. Außer für die Verarbeitung von lokalen Präpositionen ist er für unsere räumliche Orientierung und die Koordination bzw. Steuerung von Bewegungen zuständig. Der supramarginale Gyrus ist multimodal bzw. ein heteromodaler Assoziationscortex, d.h. er verarbeitet komplexe Informationen aus verschiedenen sensorischen Inputmodalitäten:

„Der Gyrus supramarginalis ist multimodal, insofern als er auf dem dorsalen Weg der visuellen Verarbeitung und des Arbeitsgedächtnisses bei der Raumorientierung, der Erkennung physikalischer Objekte im Raum, speziell der Einschätzung ihrer Dreidimensionalität und bei der räumlichen Integration von Objekten zu einer Gesamtvorstellung angesprochen ist.“ (Vogt 2004: 231)

Jedes einzelne Neuron dieses Teils des Schläfenlappens, der an die somästhetischen, auditorischen und visuellen Neocortices angrenzt, erhält gleichzeitig “highly processed somesthetic, visual, auditory and *movement related input* from the various association areas” (vgl. Joseph 2000); die Neuronen dieses Gyrus sind zudem in der Lage, die unterschiedlichen Informationen gleichzeitig zu verarbeiten.

Der supramarginale Gyrus hat ausgeprägte neuronale Verbindungen zum linken unteren Frontalcortex (vgl. Corina et al. 2005) einschließlich der frontalen motorischen Regionen. Diese Tatsache ist bedeutsam, da im linken frontalen Operculum, das sich im unteren frontalen Gyrus des Frontalcortex befindet, Verben für Bewegungen verarbeitet und neuronal repräsentiert werden (vgl. Kemmerer / Tranel 2003).

Der supramarginale Gyrus ist zudem für den sogenannten *Enactment Effect* beim Lernen verantwortlich, wie neuere Magnetresonanztomographiestudien gezeigt haben (vgl. Russ et al. 2003). Dabei wurde festgestellt, dass Schüler, die Handlungsphrasen wie *cut the bread* und *jump over the rope* nur lesend rezipierten, diese deutlich weniger gut behalten konnten, als diejenigen Probanden, die diese Handlungsphrasen tatsächlich ausführten (“Encoding by performing actions”). Magnetresonanztomographiestudien während des Abrufs der Phrasen zeigten, dass die handelnden Schüler im

Gegensatz zu der Vergleichsgruppe eine starke Aktivierung des supramarginalen Gyrus aufwiesen und zwar in beiden Gehirnhälften, weshalb laut Russ et al. 2003 der SMG von zentraler Bedeutung für den *Enactment Effect* ist.

3. Fremdsprachendidaktische und methodische Ableitungen aus den neurowissenschaftlichen Erkenntnissen zur Verarbeitung lokaler Präpositionen

Es stellt sich nun die Frage, welche didaktisch-methodischen Entscheidungen aus diesen neurobiologischen und neurokognitiven Erkenntnissen im Hinblick auf die Vermittlung lokaler Präpositionen resultieren.

Zunächst ist auffällig, dass der neuronale Cortexbereich, in dem lokale Präpositionen repräsentiert sind und verarbeitet werden, auch zuständig ist für Bewegungen und räumliche Orientierung sowie vertiefte Informationsverarbeitung und Enkodierung aufgrund von Bewegungen bzw. Handlungen. Dies legt nahe, den Schülern lokale Präpositionen über eigene Bewegungen und Handlungen nahe zu bringen und nicht nur – wie dies gemeinhin geschieht – über prototypische Bilder und Situationsbeschreibungen oder gemäß neueren didaktischen Vorschlägen mittels Handpuppen und Plüschtieren (vgl. Weisshaar 2006: 306). Hierfür spricht zudem die Tatsache, dass Präpositionen wie *into, towards, past, along, out of* etc. ohnehin Bewegungen involvieren und von Bewegungsverben abhängig sind. Für eine Vermittlung über Bewegungen spricht ferner die Tatsache, dass es durch motorische Aktivitäten zur Ausschüttung der Neurotransmitter Dopamin und Serotonin kommt, die für Lernprozesse erforderliche synaptische Verbindungen zwischen Hirnzellen ermöglichen. Ferner wird durch Bewegungen das Stoffwechsellmilieu begünstigt, was für ein „günstigeres Verarbeitungsniveau im Gehirn sorgt“ und „tiefergehende Stoffwechselprozesse im Gehirn befördert“ (vgl. Dobbstein / Gasse 2003):

„Allein durch Bewegung und die damit eng verknüpfte Sensorik werden die für dauerhafte Lerneffekte grundlegenden Verbindungen zwischen Nervenzellen im Gehirn gebildet, erhalten und verstärkt.“ (Dobbstein / Gasse 2003)

Folgende Merkmale müssen Lernarrangements zur Vermittlung lokaler Präpositionen aus neurodidaktischer Perspektive aufweisen:

- Sie müssen den Schülern somästhetische Sinnesempfindungen bzw. propriozeptive Wahrnehmungen² ermöglichen.
- Sie müssen unterschiedliche motorische Aktivitäten der Schüler integrieren.
- Sie müssen lokale Präpositionen im Kontext von Handlungen thematisieren und dazu anregen, die entsprechenden Handlungen auszuführen.
- Die Semantik der Präpositionen muss im dreidimensionalen Raum vermittelt werden (also nicht über Bilder oder Zeichnungen).

2 Somästhetische Sinnesempfindungen entstehen aufgrund sensorischer Meldungen über die Stellungen und Bewegungen des Körpers im Raum und „Propriozeption“ bezeichnet die Wahrnehmung, wie wir im Raum verharren oder uns in ihm bewegen.

- Die Schüler müssen die Bedeutung jeder Präposition multimodal und mehrfach erfahren sowie mit der Aussprache der Präpositionen und ihrem Schriftbild gleichzeitig mehrfach konfrontiert werden.
- Das Lernarrangement sollte nicht nur eine Speicherung der Präpositionen im semantischen Gedächtnis, sondern qua starker persönlicher Involvierung der Schüler auch im episodischen Gedächtnis ermöglichen.

3.1. Ein neurodidaktisches Lernarrangement zur Vermittlung lokaler Präpositionen

Ein 3-phasiges Lernarrangement, das diesen neurodidaktischen Kriterien gerecht wird, soll im Folgenden dargestellt werden.

1. Um allen Schülern somästhetische Sinnesempfindungen und motorische Aktivitäten zu ermöglichen, sollte für die Vermittlung lokaler Präpositionen der Klassenraum verlassen werden und z. B. gegen einen Teil der Turnhalle eingetauscht werden. Für die Vermittlung grundlegender lokaler Präpositionen wie *on*, *in front of*, *behind*, *next to*, *toward* etc. eignet sich in besonderer Weise ein Stepping- bzw. Step-Aerobics-Arrangement.

Jeder Schüler erhält dafür ein sog. „Steppergerät“, das auch als *Bench* bezeichnet wird, i.e. eine kleine Plattform von der Größe einer Fußbank, auf der er vom Lehrer instruiert bestimmte Schrittfolgen und Armbewegungen vornimmt, die immer in räumlicher Relation zum Steppergerät erfolgen. Die *Move-Instructions* enthalten deshalb immer lokale Präpositionen und werden vom Lehrer als *Move-Instructor* gesprochen und als *Role-Model* veranschaulicht:

“Go *behind* the bench. Step up *on* the bench. Step *across* the bench with your right foot. Bring the other foot *next to* the right foot. Tilt your body *toward* the left corner and *toward* the right corner. Arms are *in front of* the body, pull the elbows in *toward* the waist until the hands are *next to* the waist, then return the arms to the front of your body [...]. Arms are *above* the head, now move the arms *toward* the legs and return them overhead.”

(Die verschiedenen *Aerobic Moves* werden z.B. unter www.turnstep.com aufgeführt, wobei sich für jüngere Schüler natürlich nur die einfacheren Bewegungsfolgen eignen.) Da sich die *Move-Abfolgen* wiederholen, werden die Schüler immer wieder mit den gleichen Präpositionen konfrontiert, so dass es zu synaptischen Verschaltungen kommen kann.

Aus neurodidaktischer Sicht bietet dieses Lernarrangement optimale Voraussetzungen für eine neuronale Kodierung der lokalen Präpositionen:

Der supramarginale Gyrus wird durch die Bewegungen des Gesamtkörpers sowie die Koordination der Armbewegungen aktiviert. Gleichzeitig werden die Bedeutungen der lokalen Präpositionen über diese Bewegungswahrnehmungen somästhetisch und motorisch kodiert; diese Bedeutungskodierung wird durch den dreidimensionalen visuellen Input ergänzt, da der Schüler die Lehrperson sieht, die die Bewegungen zeigt und gleichzeitig die englischen Präpositionen ausspricht. Der *Enactment-Effect*, der eine optimale Speicherung der neuen Wörter bewirkt und für den der supramarginale Gyrus ebenfalls verantwortlich ist, wird durch die Ausführung der Handlungen bestmöglich erzielt. Die neuronalen Verbindungen zwischen dem Areal für Bewegungsverbren im Operculum und dem Areal für lokale Präpositionen werden durch dieses Lernarrangement ebenfalls deutlich gefestigt. Zusätzlich wird die Kodierung mehrerer Präpositionen wie *on*, *off*, *up*, *down*, *across*, *over* etc. durch akustische Si-

gnale unterstützt, denn *Steps* auf die *Bench* hinauf verursachen andere Geräusche als *Steps* auf den Boden hinab und Bewegungen “across the bench” hören sich anders an als Bewegungen “over the bench”, da der Hallenboden und die *Bench*-Plattform aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Da die Beteiligung „motorischer Zentren des Gehirns eine wesentliche Rolle bei Verarbeitungs-, Lern- und Erinnerungsvorgängen spielt“ (Dobbelstein / Gasse 2003) und eine motorisch und somästhetisch orientierte Englischstunde zudem aufgrund der starken eigenen Involvement und des Neuigkeitswertes zweifellos im episodischen Gedächtnis gespeichert wird, ist von Schülerseite mit einer hohen Behaltensleistung der lokalen Präpositionen zu rechnen.

2. Dieses Lernarrangement bedarf nun einer Ergänzung, um auch eine optimale neuronale Kodierung direktional-räumlicher Präpositionen wie *into*, *out of* oder *inside* zu gewährleisten, die eine Bewegung in einen Raum hinein oder aus diesem heraus involvieren. Dabei sollten die Schüler aus somästhetischer Perspektive unterschiedliche Bewegungstypen durchführen, damit sich angemessene synaptische Verschaltungen bilden können: Hierzu gehört zum einen die Bewegung des eigenen Körpers in einen Raum hinein oder aus ihm heraus, zum anderen das Befördern eines Gegenstandes durch eigene Hand- oder Fußbewegungen in etwas Dreidimensionales hinein oder aus diesem heraus sowie bloße Blickbewegungen oder Lautproduktionen in einen Raum hinein. Hierbei sollten die Schüler mit einem Laufzettel ausgestattet werden, der neue direktionale Präpositionen wiederholt in verschiedenen Bewegungsarten enthält. Die Tätigkeiten bzw. Bewegungen auf dem Laufzettel, die die folgenden Beispiele illustrieren, werden von den Schülern in der Turnhalle ausgeführt:

- (1) Jump **into/inside** the box – Jump **out of** the box.
- (2) Creep **into** the tent – Creep **out of** the tent.
- (3) Throw the ball **into** the bucket – Get the ball **out of** the bucket.
- (4) Kick the ball **into** the goal – Get the ball **out of** the goal.
- (5) Look **into** the box – Climb **into** the box – look **out of** the box.
- (6) Speak **into** the microphone...

Ergänzt werden sollten diese Übungen durch Bewegungsanweisungen, bei denen die für das Deutsche unübliche Hintereinanderschaltung von Präpositionen deutlich wird, verfügt es doch über keine entsprechenden Äquivalente, weshalb neue neuronale Korrelate für diese präpositionalphrasale Besonderheit gebildet werden müssen:

- (7) Creep under the table – Creep out **from under** the table.
- (8) Go behind the curtain – Step out **from behind** the curtain.
- (9) Climb into the box – Call your friend’s name **from inside** the box.

3. Der dritte Teil des Lernarrangements zur neurodidaktischen Vermittlung lokaler Präpositionen sollte folgender Problematik Rechnung tragen: Neurowissenschaftliche Studien legen nahe, dass es für den Erwerb fremdsprachlicher Präpositionen ungünstig ist, Schüler mit vermeintlich prototypischen räumlichen Darstellungen zu konfrontieren, die bereits bestehende neuronale Verknüpfungen verstärken, obwohl in vielen Fällen keine semantische 1:1-Entsprechung zwischen deutschen und englischen Präpositionen besteht. Durch eine frühzeitige Verstärkung bestehender Verschaltungen für einen Bedeutungsbereich wird die Bildung neuer neuronaler Verschaltungen zumeist deutlich beeinträchtigt. Ich möchte dies am Beispiel der Präpositionen *on*

und *in* veranschaulichen. Gemeinhin wird den Schülern die Bedeutung der Präposition *on* im Anfangsunterricht vermittelt, indem der Lehrer Bilder zeigt, auf denen ein Gegenstand oder ein Tier sich auf der Oberfläche bzw. Oberseite eines anderen Gegenstandes befindet oder indem der Lehrer im Klassenzimmer einen Gegenstand auf die Oberfläche eines anderen Gegenstandes legt und sagt "It's *on* the table". Dies hat zur Folge, dass das bestehende neuronale Verknüpfungsmuster für die Bedeutung von *auf* synaptisch verstärkt wird und nun auch die Bedeutung von *on* repräsentiert. Tatsächlich wird aber die lokale Präposition *on* im Englischen in einer Vielzahl von Fällen verwendet, wo sich ein Gegenstand nicht *auf* einem anderen befindet, sondern z.B. *unter* ihm wie bei "an apple *on* a twig", "a blister *on* one's foot", "a cross *on* a chain", "the wheels *on* my car" etc. oder *um ihn herum* "a ring *on* a finger", "socks *on* one's feet", "mittens *on* one's hands" etc. oder *an seiner Außenseite* "a handle *on* a cupboard", "a memorial plaque *on* a house" etc. Kein Schüler meiner neu übernommenen Klasse 8 hat in diesen Kontexten die zutreffende Präposition *on* gewählt, da das bei der Vermittlung von *on* zu früh verstärkte Raumkonzept von *auf* diese Präpositionswahl in den oben genannten Kontexten unmöglich macht. Um dem entgegenzuwirken hätte den Schülern von Anfang an die wichtige Bedeutungskomponente "(something) is attached to (something)" in unterschiedlichen Kontexten physikalischer Kontaktsituationen vermittelt werden müssen. Die Gleichsetzung des räumlichen Konzepts *auf* mit *on* führt ferner dazu, dass deutsche Schüler *on* verwenden, wenn der Engländer aufgrund einer anderen räumlich-konzeptuellen Wahrnehmung *in* verwendet, vgl.:

- (10) *In* the schoolyard vs. *auf* dem Schulhof
- (11) *In* the playground vs. *auf* dem Spielplatz
- (12) *In* the meadow vs. *auf* der Wiese
- (13) *In* the field vs. *auf* dem Feld
- (14) *In* the parking lot vs. *auf* dem Parkplatz

Für den *Native Speaker* muss kein geschlossener Raum vorhanden sein, um die lokale Präposition *in* zu wählen, sondern es reicht schon eine Eingrenzung einer Fläche z.B. in Form einer niedrigen Mauer, eines Zauns, einer Hecke, eines Maschendrahtes oder nur eines Bordsteins aus, um eine Dreidimensionalität und damit einen Raum anzudeuten, auf den mit *in* referiert wird.

Um diese spezielle Raumwahrnehmung im supramarginalen Gyrus als räumliches Konzept optimal neuronal zu kodieren, bietet sich im Rahmen des oben aufgezeigten motorisch-multimodal ausgerichteten Lernarrangements ein Gang mit den Unterstufenschülern über das Schulgelände an, bei dem die Präposition in Zusammenhang mit relevanten Räumlichkeiten häufig genannt wird:

"Let's go out **into** the schoolyard. We are now **in** the schoolyard; as you can see there are no cars **in** the schoolyard. Cars are only parked **in** the school parking lot; let's walk **into** the parking lot; pupils are not allowed to park **in** the teachers' parking lot, but they can park **in** the street over there. Let's go **into** the playground; here **in** the playground you can only play during the breaks. If no teacher is present, you are not allowed to stay **in** the playground. But you may sit **in** the meadow over there. As you can see, a fence closes the playground in [...]."

Der supramarginale Gyrus als Verarbeitungs- und Repräsentationszentrum der Bedeutung lokaler Präpositionen wird in diesem Lernkontext optimal aktiviert durch das Zusammenspiel von somästhetischen, motorischen, visuellen und räumlichen Wahr-

nehmungen. Da das Gelände der eigenen Schule auch Teil der episodischen Gedächtnisinhalte der Schüler ist, wird zudem eine duale Kodierung im semantischen und episodischen Gedächtnis ermöglicht.

3.2. Von der Rezeption und Speicherung zur Produktion lokaler Präpositionen

Das neurodidaktisch legitimierte Lernarrangement weist einzelne Analogien zum natürlichen Spracherwerb auf, der seinen Ausgangspunkt beim Hörverstehen bzw. Hör-Seh-Verstehen nimmt: Der Lernende hört zunächst die Präpositionen in der Fremdsprache und erkennt über den visuellen Kanal motorisch vermittelt ihre Bedeutung (Demonstrationsphase). Er folgt den Anweisungen einer instruierenden Person, welche im Mutterspracherwerb eine unmittelbare Bezugsperson ist (Reaktionsphase); es erfolgt aber noch keine eigenständige Produktion der neuen Wörter. Anders als bei der *Total Physical Response*-Methode, bei der Handlungsanweisungen und deren Befolgung häufig ohne sinnstiftenden Kontext erfolgen und ohne erkennbaren Zusammenhang aneinandergereiht werden können („Clap your hands! Shake your head! Touch your shoulder!“), erfolgt die Reaktion der Lernenden im vorgestellten Lernarrangement in einem sinnvollen authentischen Kontext, da es naturgemäß zu *Step-Aerobics* gehört, dass ein *Move-Instructor* am Steppergerät motorische Anweisungen gibt, diese gleichzeitig umsetzt bzw. selbst befolgt und andere Turner zur Bewegung animiert.

Nach der Demonstrations- und Reaktionsphase sollen die Lernenden die neu erworbenen fremdsprachlichen Präpositionen selbst verwenden (Produktionsphase). Um dabei *jeden* Schüler sprachlich aktiv werden zu lassen, arbeiten jeweils zwei Lernende zusammen: Jeder denkt sich eine *Step-Choreographie* aus, die er anschließend als *Move-Instructor* versprachlicht, während der Partner diese motorisch umsetzt. Anschließend erfolgt ein Rollenwechsel: Der andere Schüler gibt seine Anweisungen in der Fremdsprache, die vom Partner motorisch umgesetzt werden. Die Partnerarbeit ermöglicht nicht nur einen hohen Sprachumsatz, sondern ein unmittelbares Feedback bei nicht korrekter Umsetzung von direktionalen oder lokalen Präpositionen in den *Move-Instructions*. In ähnlicher Weise erfolgt der Übergang von der Rezeption zur Produktion im zweiten Teil des neurodidaktischen Lernarrangements: Die Schüler schreiben für ihren jeweiligen Partner einen kurzen Bewegungslaufzettel unter Verwendung der neu erworbenen direktionalen Präpositionen (*into, out of* etc.); die Anweisungen werden vom Mitschüler motorisch umgesetzt. Anschließend erfolgt wieder ein Rollentausch.

Literaturverzeichnis

- Beck, H. (2003): Neurodidaktik oder: Wie lernen wir? In: *Erziehungswissenschaft und Beruf* 51, 338-356.
- Damasio, H. / Emorey, K. (2005): The neural correlates of spatial language in English and American sign language. In: *NeuroImage* 24, 832-840.
- Damasio, H. / Grabowski, T.J. / Tranel, D. et al. (2001): Neural correlates of naming actions and of naming spatial relationships. In: *NeuroImage* 13, 1053-1064.
- Dobbelstein, P. / Gasse, M. (2003): Lernen braucht Bewegung – Die Bedeutung der Motorik für Verarbeiten, Speichern und Erinnern. In: *ForumSchule – Magazin für Lehrerinnen und Lehrer* 2 (2003). Verfügbar unter: http://archiv.forum-schule.de/archiv/11/fs_11/magma_1.html [7.1.2007].
- Friedrich, G. / Preiß, F. (2003): Neurodidaktik. Bausteine für eine Brückenbildung zwischen Hirnforschung und Didaktik. In: *Pädagogische Rundschau* 57/2, 181-199.

- Joseph, R. (Hrsg.) (2000): Neuropsychiatry, Neuropsychology, Clinical Neuroscience. New York.
- Kemmerer, D. (2005a): The spatial and temporal meanings of English prepositions can be independently impaired. In: *Neuropsychologia* 43, 797-806.
- Kemmerer, D. (2005b): Thinking of prepositions turns brain on in different ways. Verfügbar unter: www.purdue.edu/UNS/html4ever/2005/050125.Kemmerer.research.html [11.12.2006].
- Kemmerer, D. / Tranel, D. (2003): A double dissociation between the meanings of action verbs and locative preposition. In: *Neurocase* 9, 421-35.
- Noordzij, M. (2005): Neural Correlates of locative prepositions. In: Noordzij, M.: *Communicating Spatial Information from Verbal Descriptions*. Utrecht.
- Russ, M. / Mack, W. / Grama, C. / Lanfermann, H. / Knopf, M. (2003): Enactment effect in memory: evidence concerning the function of the supramarginal gyrus. In: *Experimental brain research* 149, 497-504.
- Vogt, S. (2004): *Farbwörter im Gehirn. Eine systematische sprachwissenschaftliche Untersuchung*. Bochum.
- Weisshaar, H. (Hrsg.) (2006): *Lehrerhandbuch mit Kopiervorlagen zu Green Line 1*. Stuttgart.