

Zusammenfassung des Vortrags:

Neurodidaktik und Fremdsprachenunterricht

1. Alter Wein in neuen Schläuchen?

Lernen funktioniert nur, wenn es mit Spaß geschieht, wenn der Lerner daran Freude hat. Das wusste schon Comenius; in seiner „Didactica magna“ (1657) schrieb er: „Alles, was beim Lernen Freude macht, unterstützt das Gedächtnis.“

Und später sprach Johann Gottfried Herder (1744 – 1803, Generalsuperintendent und Aufseher aller Schulen des Herzogtums Sachsen-Weimar-Eisenach) in der Schulrede vom Juli 1800 „Vitae, non scholae discendum“ von der Notwendigkeit des Übens, des eigenen Tuns für erfolgreiches Lernen: "Was tun wir, wenn wir gehen, sprechen, zeichnen, tanzen *lernen*? Nicht wahr? wir üben und vollführen ein Werk; wir machens nach, bis wirs können, bis es gelingt, mit *unsern* Kräften mit *unsern* Gliedern. So bei sichtbar in die Augen fallenden Künsten; bei unsichtbaren und bei der unsichtbarsten von allen dem Denken findet das *Lernen* auf keine andre Weise statt. *Seine* Gedanken *kann* mir der Lehrer nicht eingeben, eintrichtern; *meine* Gedanken kann, will, und muß er durch Worte wecken; also daß sie *meine*, nicht *seine* Gedanken sind. Worte sind bloß das Instrument, dies muß ich mit eignen Kräften, auf meine Weise brauchen lernen, oder ich habe nicht gelernt."

Hier schon werden Prinzipien des Lernens angesprochen, die in der „Neurodidaktik“ heute als Allgemeinplätze gelten, wenn es um das geht, was das Gehirn auszeichnet: das Lernen.

So meint Henning Scheich, Professor für Physiologie und Neurobiologie, Universität Magdeburg, im Aufsatz: „Das Gehirn und seine Semantik“, in: *Gehirn und Geist* 6/2004: „Besonders wichtig ist das interne **Belohnungssystem** über Dopamin. Es hält das Gehirn auf Erfolgskurs, wenn ein bestimmtes Verhalten einen unmittelbaren Vorteil verschafft hat oder wir ein Problem lösen konnten. Die gemachten positiven Erfahrungen wirken zurück und werden in corticalen Strukturen abgespeichert.“

Die Gehirnforscher glauben, uns also sagen zu können, warum und wie Lernen erfolgreich ist – und liefern uns heute wissenschaftlich untermauerte Aussagen für Erfahrungen, die Pädagogen seit Jahrhunderten in guter Praxis schon immer umgesetzt haben.

Woher also stammt heute die Begeisterung für die „Neurodidaktik“?

Ende der 80er Jahre hatten neue bildgebende Verfahren dafür gesorgt, dass die neurophysiologische Forschung einen gewaltigen Schritt machen konnte. Bis dahin mussten sich die Hirnforscher mit der fast nur äußerlichen oder aber operativen Untersuchung von Patienten mit Hirnschädigungen, mit Präparaten, mit der Hirnstrommessung mittels des EEG und mit Röntgenbildern begnügen.

Zum erstenmal war es möglich, ohne invasive Maßnahmen die Tätigkeit des Gehirns zu beobachten: Die Erfindung der „funktionellen Kernspinresonanztomographie (fMRI) versetzte sie in diese Lage. Die beiden Erfinder – Lauterbur, Mansfield - erhielten dafür 2003 den Nobelpreis für Medizin.

Zum zweiten trat dann der PISA-Schock ein – und im Gefolge dieses für die deutsche Bildungspolitik desaströsen Ergebnisses erhoffte man sich von einer „Neurodidaktik“ Einsichten in Prinzipien des effizienten Lernens und Lehrens.

2. Aufbau und Funktionsweise des Gehirns

Ein erster Blick auf die anatomische Struktur des Gehirns läßt den Eindruck aufkommen, daß man genau den Ort angeben kann, wo welches Wissen sitzt. Ein zweiter Blick auf die neuronale Architektur macht jedoch klar, daß das eine viel zu einfache Vorstellung ist.

Jedes Wissen erweist sich bei genauerem Hinsehen als ein aus sehr vielen verschiedenen Komponenten zusammengesetztes Konstrukt.

Das Gehirn ist ein sehr aktives Organ. Es macht nur etwa 2 % der Körpermasse aus (ca 1400g), verbraucht aber etwa 20 % der gesamten Energie.

Das Gehirn besteht aus fünf großen Bereichen: dem Großhirn, dem Kleinhirn , dem Zwischenhirn, dem Mittelhirn und dem Nachhirn.

Das Großhirn besteht aus den beiden Großhirnhälften, die über den Balken verbunden sind. Die beiden Hemisphären werden in verschiedene „Lappen“ unterteilt. Im Verlaufe der menschlichen Evolution hat das Großhirn die darunter liegenden Hirnteile überwuchert und macht beim Menschen schließlich 90% des Hirngewichts aus. Alle höheren Denkfunktionen wie Erinnerung, Kreativität, Kommunikation und kognitives Begreifen sind hier beheimatet.

Das Kleinhirn ist v.a. verantwortlich für motorische Leistungen und dient der Koordination der gesamten Muskulatur.

Das Zwischenhirn – bestehend aus dem Thalamus, Hypothalamus, dem Subthalamus und dem Epithalamus – ist die zentrale Schaltstelle; alles, was in den Neocortex, also die Großhirnrinde, gelangen soll, dort als „Gedächtnis“ abgespeichert werden soll, muss diese Schaltstelle passieren.

Mittel- und Nachhirn bilden zusammen den Hirnstamm. Es kontrolliert grundlegende Funktionen wie Blutzirkulation, Herzschlag oder Lungenaktivität und auch wichtige Reflexe.

Der Hirnstamm wird umschlossen von dem über ihm liegenden Limbischen System. Es wird auch das emotionale Gehirn genannt. In dieser Region entstehen das Bewusstsein, Emotionen und das Gedächtnis.

Die Bausteine des Gehirns sind die Neuronen.

Sie können unterschiedliche Gestalt annehmen, gemein ist ihnen die Vielzahl kleiner Ärmchen, bei denen sich ein Axon und eine Vielzahl von Dendriten unterscheiden lassen.

Das Axon eines Neurons ist sein Ausgangskanal. Elektrische Signale , die das Neuron aussendet, wandern das Axon entlang, mitunter über viele Zentimeter bis in gänzlich andere Hirnregionen.

An seinem Ende verzweigt sich das Axon und bildet Synapsen mit den Dendriten anderer Neuronen. Diese sind die Kontaktstellen, an denen Signale von einer Zelle auf die andere übertragen werden.

Neurotransmitter sind die Botenstoffe, die an der Synapse von der einen Zelle ausgeschüttet und auf der anderen Seite eines dünnen synaptischen Spaltes von der Zielzelle aufgefangen werden.

In unserem Gehirn gibt es etwa 100 Milliarden Nervenzellen.

Jede Nervenzelle kontaktiert über 10 000 (andere Auffassungen: bis zu 100 000!) Synapsen andere Neuronen. Die Zahl der möglichen Verbindungen: 10^{15} , also etwa 100 Billionen synaptische Verbindungen.

Häufige Erregungsübertragung zwischen zwei Neuronen verstärkt einerseits bestehende synaptische Kontakte, lässt andererseits aber auch neue entstehen.

Das Gehirn mit allen seinen Nervenzellen ist bereits bei der Geburt ausgereift.

Das Gehirn baut dann im Überschuss synaptische Kontakte auf.

Das Gehirn wird geformt durch Signale aus der Umwelt.

Jede Erfahrung des Säuglings stärkt oder schwächt diese Netze.

Je häufiger das Kind ein gleiches Signal empfängt, um so stärker reagiert das Netz auf diese Signale, es verfestigt sich.

Synaptische Kontakte, die nicht genutzt werden, verkümmern und werden abgebaut.

Kinder lernen das am besten, was sie selbst ausprobieren.

Für die Entwicklung bestimmter Eigenschaften und Fähigkeiten gibt es so genannte Entwicklungsfenster, in deren Zeitraum die Entwicklung erfolgen muss.

Wird dieses Fenster nicht genutzt, ist eine spätere Entwicklung ausgeschlossen.

3. Gedächtnis

Erfahrung spielt also eine Schlüsselrolle beim Ausbilden von Schaltkreisen im Gehirn. Damit Erfahrungen eine längerfristige Bedeutung haben, muss der Mensch sich an sie erinnern. „Wir sind Erinnerung“ (Schacter): Das Wesen des Individuums liegt also wohl zu einem sehr großen Teil darin begründet, woran es sich erinnern kann.

Es gibt verschiedene Typen von Gehirnprozessen, die unter dem Stichwort „Gedächtnis“ zu fassen sind.

In das Ultrakurzzeitgedächtnis, den sensorischen Speicher, gelangen die unmittelbaren Sinneseindrücke; sie verbleiben aber dort nur ca 250 Millisekunden.

Damit diese Sinneseindrücke in den „Kurzzeitspeicher“ gelangen (der einen Umfang von ca drei bis vier Minuten hat), müssen die Informationseinheiten („chunks“) für das Individuum wichtig und bedeutungsvoll sein. Die Verarbeitung dort und wiederholte gesicherte Aufmerksamkeit bringt die Gedächtnisinhalte aus diesem „Arbeitsspeicher“ dann in das Langzeit-Gedächtnis, das die gesamte Lebensspanne anhält. „Tiefen-Verarbeitung“ des Lernstoffs, langwieriges und ausdauerndes, kontinuierliches Üben sichert das langfristige Behalten des Lernstoffs. Wenn die Anzahl und die Relevanz der Assoziationen hoch ist, gelingt die Verankerung im Langzeitgedächtnis, besonders dann, wenn der Lernstoff für das Individuum eine hohe emotionale Bedeutung hat.

Als Gedächtnisarten im Langzeit-Gedächtnis können wir unterscheiden:

- das implizite Gedächtnis, das unbewusst abläuft (im prozeduralen Gedächtnis, wo wir v.a. Bewegungsabläufe abspeichern, und im Priming-Gedächtnis, wo wir unser Weltwissen abgespeichert haben, unsere unbewusste Wahrnehmung),
- das explizite Gedächtnis, das sich wiederum aufteilen lässt in das episodische Gedächtnis, wo wir alle emotional relevanten Erfahrungen speichern, und in das deklarative oder semantische Gedächtnis, das im Neocortex angesiedelt ist.

Nicht nur in der Schule ist wesentlich für Lernen und Üben die Möglichkeit des Wiederfindens und Abrufenkönnens von Gedächtnisinhalten.

Es müsste daher das Ziel eines jeden Lernvorgangs sein, eine besondere Eigenschaft des Eingepägten zu erreichen, die wir mit „Verarbeitungstiefe“ bezeichnen können.

Eine große Verarbeitungstiefe erreichen wir ganz sicherlich dann, wenn es uns gelingt, eine Information mehrfach und gründlich zu kodieren - beispielsweise semantisch und episodisch -, und dabei mehrere Einbindungen in das kognitive Netzwerk erfolgen können. Dies ist sicherlich auch eine gute Begründung für den handlungsorientierten Unterricht.

Wir sollten beim Lernen – und beim Lehren – darauf achten, dass möglichst vielfältige Eindrücke entstehen, die in verschiedene Teilgedächtnisse eingebunden werden können.

Verbalisierung, Anschaulichkeit und das Tun, das konkrete Handeln, das im episodischen und im prozeduralen Gedächtnis gespeichert wird, ergänzen sich und sorgen für Verankerungen im Gehirn.

Untersuchungen haben gezeigt, dass Neugier immer vorhanden ist – das Gehirn verfügt über ein eigenes Belohnungssystem, das für nachhaltige Lernerfolge sorgt – aber nur dann, wenn vorgängige Erwartungen bedient worden sind und diese Erwartungen dazu noch positiv enttäuscht worden sind, wenn also etwas „besser als erwartet“ ist. Dann schüttet das Gehirn den Neurotransmitter Dopamin aus – und belohnt so das Lernen.

Anders ist es, wenn Furcht und Angst herrschen – dann wird das Lernsystem ausgeschaltet, der für das Lernen im limbischen System verantwortliche Hippocampus wird umgangen. Statt dessen wird die Amygdala aktiviert, Stresshormone (Adrenalin, Noradrenalin) werden ausgeschüttet, die Atemfrequenz und der Herzschlag erhöht, die Muskeln angespannt – der Körper wird auf Flucht eingestellt. Diese Vorgänge laufen völlig unbewusst und automatisch ab. Ein Lernen ist hier nicht möglich.

4. Gehirn und Sprache

Gibt es im Gehirn eine Region, die für die Sprachverarbeitung zuständig ist?

Im 19. Jahrhundert war noch der Wiener Arzt Franz Gall (1758, Pforzheim – 1828, Montrouge bei Paris) mit seiner „Phrenologie“ und „Kraniometrie“ der Auffassung, dass Wölbungen auf der Schädeldecke auf cerebrale Strukturen (27 wollte er so differenziert haben) schließen lassen. Gall hatte so die Diskussion angestoßen, ob bestimmte Regionen des Gehirns für bestimmte Funktionen zuständig seien.

Erst der französische Arzt Paul Broca konnte dann 1861 mit Bestimmtheit eine Region lokalisieren, die für das Sprachvermögen wichtig war. Sein Patient Leborgne konnte nur das Wort „tan“ aussprechen. Nach dem Tod von „Monsieur Tan“ stellte Broca fest, dass ein Teil des Frontallappens in seiner linken Hirnhälfte geschädigt war. Kurze Zeit später konnte der Breslauer Arzt Carl Wernicke (1875) dann eine weitere Aphasie einer anderen Gehirn-Region zuordnen, die ebenfalls in der linken Hemisphäre angesiedelt war. Damit war deutlich, dass das „Broca-Areal“ nicht allein für die Sprachverarbeitung zuständig war.

Der Arzt Korbinian Brodmann (1868 – 1918) kartographierte schließlich das menschliche Gehirn. Er konnte zeigen, dass das Gehirn in verschiedene Areale eingeteilt ist, die auch verschiedene Funktionen ausüben.

Was die Sprache betrifft, so lieferte Norman Geschwind in den 1960er Jahren ein komplexeres Modell, und so ist heute klar, dass an der Sprachproduktion und –rezeption viele kortikale und subkortikale Regionen beteiligt sind, die sowohl die linke als auch die rechte Hemisphäre beanspruchen. Zu differenzieren ist hier vor allem zwischen dem Gehörten und dem Gelesenen Wort, denn hierbei sind auch die auditiven, die visuellen und die motorischen Areale beteiligt, die wiederum in anderen Gehirnregionen angesiedelt sind als das Broca- und das Wernicke-Areal. Ferner ist immer auch das „mentale Lexikon“ beteiligt, unser gespeichertes Wissen über Wörter. Neben den vielfältigen Anforderungen, die sich dem Gehirn stellen, wenn es ein Wort in seiner Bedeutung und jeweiligen Verwendung überprüfen und eventuell auch artikulieren muss, muss das Gehirn noch viele weitere Aufgaben im Zusammenhang mit Sprache lösen. Es muss z. B.

- ein Textverständnis ermöglichen (einzelne Wörter zu Sätzen, Sätze zu Texten kombinieren)
- in einer Kommunikationssituation die Emotionen des Gegenübers einordnen können, Ironie und andere Feinheiten berücksichtigen,
- visuelle Informationen (Gestik und Mimik, Lippenbewegungen etc.) einordnen,
- Fehler und Mängel im Sprachsignal ausgleichen, „überhören“.

Alles dies muss in einer Vielzahl von hoch-automatisierten Prozessen schnellstmöglich (in Millisekunden) ablaufen, um eine Kommunikation erfolgreich zu ermöglichen.

Das Gehirn ist ein System, das Regeln erarbeitet.

Schon Babys sind in der Lage, mit statistischen Mustern zu arbeiten... und sich so zum Beispiel eine Grammatik anzueignen.

Ein Team an der Universität Rochester (USA) gab acht Monate alten Kindern Laute vor: „bi“, „ro“, „da“. Diese Folge wurde mehrfach wiederholt – bi, ro, da. Wurde die Reihenfolge unterbrochen, also statt bi-ro-da dann bi-ro-bi, bi-ro-bi gesprochen, hörten die Babys länger und aufmerksamer zu.

Anders gesagt: Sie interessierten sich einfach mehr dafür. Schlussfolgerung: Schon Babys sind in der Lage, statistische Regelmäßigkeiten und Abweichungen zu unterscheiden und ein tieferes Interesse zu entwickeln, sobald es um ungewohnte, also neue Informationen geht.

Ist Sprache also angeboren oder erlernt? Die Möglichkeit, Sprache zu erlernen, ist jedem gesunden Baby möglich, ist also eine ererbte Eigenschaft. Sprache ist aber keine endliche Menge von erlernten Sätzen – denn Sprachfähigkeit bedeutet ja, aus einem endlichen Vorrat von Wörtern nach bestimmten Regeln immer neue Sätze zu bilden. Die Fähigkeit, Sprache zu verwenden, muss erlernt werden. Das Gehirn passt sich nach der Geburt an seine Umwelt an – das Baby erlernt die Sprache, die grammatischen Regeln, die für die Sprache seiner Umwelt gelten.

Wenn Kinder oder Jugendliche oder Erwachsene eine zweite Sprache erlernen, stellt sich die Frage, wie das Gehirn darauf reagiert. Bei erwachsenen Bilingualen zeigte sich, dass bei Hirnschädigungen unter Umständen die eine oder andere Sprache betroffen war. Dies ließ darauf schließen, dass beide Sprachen auf unterschiedlichen Netzwerken im Gehirn basieren.

Untersuchungen bei Kindern, die früh oder spät eine zweite Sprache erlernt hatten, zeigte sich, dass bei einer spät erlernten zweiten Sprache im Broca-Area Änderungen vorhanden waren. Bei Kindern, die dagegen eine zweite Sprache früh erlernten, wurden stets dieselben Hirnregionen bei der Sprachproduktion verwendet.

Große Unterschiede gab es jeweils für Nicht-Muttersprachler bei der Sprachverarbeitung in der Zweitsprache; hier wurden Aktivierungen in weiter verteilten Hirnregionen oder ausgedehnteren Regionen beobachtet. Dies lässt darauf schließen, dass das hochkomplexe Sprachverstehen für Nicht-Muttersprachler anstrengender ist: Bilinguale müssen offensichtlich mehr neuronale Ressourcen aktivieren.

Das Bild allerdings wird durch die gegenwärtige Forschung noch weiter differenziert, wir stehen hier erst am Anfang. So haben andere Untersuchungen gezeigt, dass die Organisation einer Zweitsprache im Gehirn vermutlich weniger abhängig ist vom Erwerbssalter, sondern vielmehr vom Kompetenzniveau, das in der Zweitsprache erreicht wurde.

Bei mehrsprachigen Probanden fanden sich nur dann unterschiedliche Aktivierungen, wenn starke Kompetenzunterschiede zwischen den Sprachen vorhanden waren und wenn die Sprachen in sehr unterschiedlichem Alter erworben wurden.

Außerdem wirkt sich die Art der Verschriftlichung der einzelnen Sprachen bei Lese-Aufgaben auf die regionale Aktivierung aus.

Es stellt sich die Frage, wie das Gehirn in der Lage ist, zwischen den verschiedenen Sprachen eines mehrsprachigen Repertoires zu unterscheiden.

Untersuchungen scheinen zu belegen, dass ein früher Mehrsprachiger insgesamt eine andere Sprachverarbeitungsstrategie entwickelt hat als ein einsprachig aufgewachsener Jugendlicher.

Früh gelernte Sprachen aktivieren das gleiche Netz im Broca-Areal - und dieses Netzwerk steht auch spät hinzukommenden Sprachen zur Verfügung.

Ferner: Frühe Bi-Linguale aktivieren in ihren beiden (frühen) Sprachen unterschiedliche Gebiete im Broca- und im Wernicke-Areal - und aktivieren dort größere Areale, als dies bei der L1 und L2 von späten Zweisprachigen der Fall ist. Früh gelernte Sprachen aktivieren darüber hinaus viele weitere Hirngebiete – und andere als späte Mehrsprachige.

„Frühe Exposition gegenüber einer zweiten Sprache hat demnach bleibende Auswirkungen auf die Sprachprozessierung.“

(Quelle: Cordula Nitsch: Mehrsprachigkeit – eine neurowissenschaftliche Perspektive, in: Anstatt, Tanja (Hg.), Mehrsprachigkeit bei Kindern und Erwachsenen, Tübingen 2007, Seite 56).

Frage: Gibt es für die frühe Mehrsprachigkeit ein kritisches „Zeitfenster“ – und in welchem Alter wäre dies anzusiedeln?

Theoretische Standpunkte (Chomsky, de Houwer, Baker et al.) werden von Neurowissenschaftlern nicht akzeptiert.

Wir wissen – so Nitsch - , dass sich die einzelnen Sprachkomponenten in einer zeitlichen Abfolge entwickeln (Identifizierung und Diskriminierung von Phonemen, Morphologie, Syntax, mentales Lexikon).

Gesichert ist auch, dass der Spracherwerb in der frühen Kindheit mit der Hirnentwicklung korreliert. Auch ist heute erwiesen, dass das Broca-Zentrum und andere Sprachareale bis in das Jugendalter hinein eine hohe Plastizität aufweisen.

Viele Faktoren haben einen Einfluss auf die Sprachfähigkeit und den Spracherwerb, evtl. die individuellen Sprachlernstrategien und das Geschlecht.

„Beide Faktoren werden durch das soziokulturelle Umfeld geprägt, dem das Kind in der Familie, auf dem Spielplatz, im Kindergarten und in der Schule ausgesetzt ist.

Diese und weitere hier nicht spezifizierte Einflüsse führen dazu, dass jeder Mensch ein höchst individuelles Netzwerk der Sprachprozessierung ausbildet.“ (Nitsch, S. 62)

Dies bedeutet, dass es nicht die eine wahre und einzige Methode des Sprachenlehrens und auch nicht die einzige Methode des Sprachenlernens gibt. Die Erkenntnisse der Gedächtnis-Forschung zeigen aber, dass der bisherige Weg, den die moderne Fremdsprachen-Didaktik gewiesen hat (handlungsorientierter Unterricht, früher Fremdsprachenunterricht, Förderung der Lerner-Autonomie, Selbst-Evaluation und das Konzept der „language awareness“) , zum Ziel führen kann, nämlich: effizient und mit Freude Fremdsprachen zu lernen.

Wilfried Völker
Hamburg
Mai 2011

Empfohlene Literatur: „Neurodidaktik“

1. Aamodt, Sandra und Wang, Samuel: Welcome to your brain, München 2008
2. Andreasen, Nancy: Brave New Brain, Geist – Gehirn – Genom. Berlin und Heidelberg 2002
3. Bredenkamp, Jürgen: Lernen, Erinnern, Vergessen. München 1998
4. Butzkamm, Wolfgang: Psycholinguistik des Fremdsprachenunterrichts. Tübingen und Basel 2002
5. Butzkamm, Wolfgang und Jürgen: Wie Kinder sprechen lernen, Tübingen 2008
6. Calvin, William H. / Ojemann, George A.: Einsicht ins Gehirn, Wie Denken und Sprache entstehen
7. Dehaene, Stanislas: Lesen, München 2010
8. Eliot, Lise: Was geht da drinnen vor? Berlin 2010
9. Elschenbroich, Donata: Weltwissen der Siebenjährigen, München 2002
10. Fiebach, Christian / Hermann, Christoph: Gehirn und Sprache, Fischer Taschenbuch, Ffm 2004
11. Gedächtnis, Spektrum der Wissenschaft Spezial ND 2/2005
12. Gopnik, Alison: Kleine Philosophen, Berlin 2009

13. Greenfield, Susan A.: Reiseführer Gehirn. Heidelberg und Berlin 2003
14. Hüther, Gerald: Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn. Göttingen 2001
15. Kandel, Eric: Auf der Suche nach dem Gedächtnis, München 2006
16. Krämer, Sybille; König, Ekkehard (Hg.): Gibt es eine Sprache hinter dem Sprechen? Ffm 2009
17. Kühne, Norbert: Wie Kinder Sprache lernen, Darmstadt 2003
18. Linke, Detlef: Das Gehirn. München, 2. Aufl. 2000
19. Madeja, Michael: Das kleine Buch vom Gehirn. München 2010
20. Multhaupt, Uwe: Psycholinguistik und fremdsprachliches Lernen, Ismaning 1995
21. Nitsch, Cordula: Mehrsprachigkeit – Eine neurowissenschaftliche Perspektive, in: Anstatt, Tanja (Hg.): Mehrsprachigkeit bei Kindern und Erwachsenen, Tübingen 2007
22. Pethes, Nicolas und Ruchatz, Jens (Hg.): Gedächtnis und Erinnerung. Ein interdisziplinäres Lexikon, Reinbek 2001
23. Scheunpflug, Annette: Biologische Grundlagen des Lernens, Berlin 2001
24. Schwarz, Monika: Einführung in die kognitive Linguistik, Tübingen und Basel 2008 (3. Auflage)
25. Spitzer, Manfred: Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens, Heidelberg, Berlin 2002
26. Spitzer, Manfred: Medizin für die Bildung. Heidelberg 2010
27. Strauch, Barbara: Warum sie so seltsam sind. Gehirnentwicklung bei Teenagern, Berlin 2003
28. Vester, Frederic: Denken, Lernen, Vergessen. Stuttgart 1975
29. Wolf, Maryanne: Das lesende Gehirn, Heidelberg 2009