Grundlagen der Weiterbildung
Praxishilfen
GdW-Ph

Aktualisierungslieferung Nr. 82
Juli 2010

Art.-Nr. 50521082

Sehr geehrte Abonnentin,
sehr geehrter Abonnent,

mit dieser Aktualisierungslieferung erhalten Sie:

die nachfolgenden **neuen Artikel**:

- Neurowissenschaftliche Erkenntnisse zum Lernen im Lebenslauf
- Kreativ arbeiten – Grundlagen und Techniken
- Achtsamkeit und Selbstführung
- Einsatz von Rollenspiel und Theaterelementen in Supervision und Fortbildung
- Einzigartigkeit entwickeln: Schlüsselkompetenz von morgen
- Ergebnisse der Lernforschung – ein internationaler Überblick

Mit freundlichen Grüßen

Der Verlag

Luchterhand

Alexander Klier

Neurowissenschaftliche Erkenntnisse zum Lernen im Lebenslauf

Seitdem bildgebende Verfahren wie das EEG (Elektroenzephalografie), PET (Positronen-Emissions-Tomografie) oder auch fMRI (funktionelle Magnetresonanztomografie) neue Einblicke in die neurophysiologischen Vorgänge des Gehirns zulassen, sind Laien genauso wie Fachwissenschaftler von den Bildern eines denkenden oder lernenden Gehirns fasziniert. Untersucht werden vor allem Lernmechanismen auf nervlicher Ebene und der des Gehirns. Es geht also darum, wie Lernprozesse aus Sicht der Neurowissenschaften möglich bzw. darstellbar sind. Den dadurch gewonnenen neuen Erkenntnissen bezüglich des Lernens widmen sich auf einer breiten Ebene Beiträge rund um die Empirie der Neurowissenschaften. Seit Kurzem ist diese Debatte auch Gegenstand politischer und pädagogischer Auseinandersetzung.
Ob »Neurodidaktik«, »Pädobiologie«, »gehirngerechtes Lernen «oder »biologische Schule« – die Begriffe sind anspruchsvoll. Und damit sind die Erwartungen, aber auch die Versprechungen hoch in Bezug darauf, was die moderne Hirnforschung und die Neurowissenschaften bezüglich des Lernens und der Gestaltung von Lernprozessen leisten können. Doch trotz der Erkenntnisse der Neurowissenschaften gibt es beim (lebenslangen) Lernen keinen Königsweg. In diesem Beitrag erfahren Sie,

- **auf welchen neurologischen und biologischen Grundlagen Lernen beruht,**
- **dass so mancher Ratgeber aufgrund der direkten Ableitung pädagogischer Ratschläge aus den empirischen Erkenntnissen moderne Mythen bezüglich der Hirnforschung produziert,**
- **warum sich aus der neurowissenschaftlichen Debatte, die aus den Erkenntnissen ebenfalls direkt Tipps, beispielsweise für die Gestaltung von Unterricht, geben will, ebenfalls keine Impulse für das Lernen im Lebenslauf zu erwarten sind und schließlich,**
- **wie die neuronalen Erkenntnisse an konkreten Beispielen ins rechte Verhältnis zu setzen sind.**

Inhaltsübersicht

1. Lernen – Die Perspektive der Neurowissenschaften
1.1 Neurobiologie: Zur Funktion der Neurone
1.2 Neurophysiologie: Von Hemisphärendominanzen und Lokalitäten
1.3 Evolutionsbiologie: Lernen zwischen privilegierten und nicht-privilegierten Formen
1.4 Neuroanatomie: Gedächtnis
1.5 Neuropsychologie: Die Rolle von Emotionen beim Lernen

2. Der »pädagogische Fehlschluss« direkter Ableitungen
2.1 Die Vorstellung asymmetrischer Hirnhemisphären
2.2 Nicht genutzte Hirnkapazitäten
2.3 Lerntypen und Zuordnungstests
2.4 Das »Fühl Dich gut und Du lernst leichter«-Syndrom
2.5 Wider einen mereologischen Trugschluss
2.6 Es gibt keinen Kindheitsdeterminismus
2.7 Epistemische Übertragungsprobleme
3. Wir lernen ein Leben lang – aber anders
4. Lernen als Sinn- und Re-Konstruktion
5. Vom Lernen im Lebenslauf zur Biografizität
5.1 Emotionen und Politdidaktik
5.2 Die eigene Biografie als Schlüsselvariable
5.3 Ausblick

1. Lernen – Die Perspektive der Neurowissenschaften

> »KEINE der genannten Grundannahmen [über die Rahmenbedingungen guten Unterrichts, A. K.] wurde aus Ergebnissen der Hirnforschung abgeleitet und es gibt gegenwärtig kein Ergebnis aus der Hirnforschung, das eine Revision einer der Aussagen erfordern würde oder aber zu deren Präzisierung beitragen könnte« (BMBF 2007, S. 116).

Lernen meint im Rahmen dieses Aufsatzes inhaltlich die Fähigkeit von Menschen und Tieren, ihr Verhalten den jeweiligen Umweltbedingungen anzupassen. Lernen geschieht über verschiedene Prozesse und Formen, ist jedoch nicht direkt beobachtbar. »Lernen ist ein hypothetisches Konstrukt, das von beobachteten Änderungen in der Ausführung abgeleitet wird« (Goller 1995, S. 119). Beim Menschen ist Lernen die Voraussetzung für Bildung, meint jedoch weder begrifflich noch inhaltlich dasselbe. Lernen basiert bei allen Primaten und Tieren mit zentralem Nervensystem auf neuronalen Grundlagen, soweit der unstrittige und nicht gerade sensationelle Befund. Aber wie vollzieht sich Lernen genau im Gehirn? Wie lernen Menschen generell? Was lernen sie wann (im Lebenslauf) und wie intensiv? Dazu ist es sicher sinnvoll, sich die neueren Erkenntnisse zu den neurowissenschaftlichen Grundlagen des Lernens und von Lernprozessen deutlich zu machen.

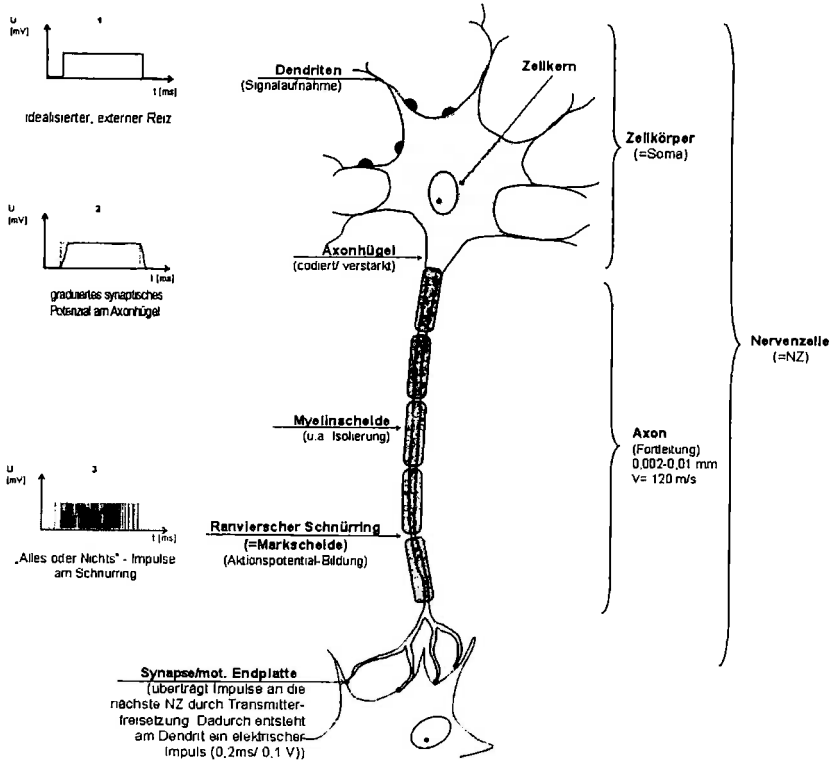
Das neurowissenschaftliche Verständnis der Funktionen des Gehirns beruht auf wenigen Grundsätzen. Dabei haben sich bisher forschungsleitend zwei Axiome als besonders fruchtbar herausgestellt:

- Die Neuronenlehre als Annahme, dass alle Vorgänge des Denkens und Lernens auf diesen »letzten« Einheiten und ihrer Vernetzung beruhen
- und die Auffassung verschiedener spezialisierter und abgrenzbarer funktioneller Einheiten im Gehirn (Lokalisationstheorie).

1.1 Neurobiologie: Zur Funktion der Neurone

Neurone sind spezielle Zellen zur Weitergabe oder Verarbeitung von Impulsen oder Signalen. Sie bilden die Grundbausteine des Nervensystems (Kandel/Schwarz/Jessel 1995, Zimbardo[5] 1992). Schematisch bestehen sie aus verschiedenen Eingängen (Dendriten), einer Integrationszone (Zellkörper) und schließlich einem Ausgang (Axon). Sie sind über Synapsen mit anderen Neuronen verbunden. Neurone transportieren die Signale nur in eine Richtung, weshalb es afferente Neuronen (Transport der Impulse von der Peripherie nach innen) und efferente Neuronen (Transport der Signale nach außen, meist als motorische Neurone zu Muskeln zur Bewegung) gibt. Der Signaltransport geschieht überwiegend elektrochemisch. Eine besondere Rolle bei der Reizweiterleitung und Reizübermittlung spielen die Synapsen. Das elektrische Signal wird meist nicht direkt an die Dendriten anderer Neurone übermittelt, sondern endet am Endknöpfchen des jeweiligen präsynaptischen Axons. Durch das Aktionspotenzial werden hier Botenstoffe (Neurotransmitter) freigesetzt, welche erst das Signal an die Dendriten des folgenden (postsynaptischen) Neurons übermitteln. Die Art der Rezeptoren (Empfänger) sowie der Neurotransmitter bestimmt darüber, welches Signal (aktivierend oder hemmend) in welcher Stärke (Modulation der Sensitivität) tatsächlich übermittelt wird. Die Verbindungen zwischen den Neuronen sind dadurch unglaublich vielfältig, sowohl in der Anzahl, als auch in den Wirkungen ihrer Rezeptoren (inhibitorisch und exzitatorisch), was eine enorme Variation und Bandbreite an Signalisierungsmöglichkeiten erlaubt. Die spezifische Anzahl von Synapsen pro Einheit eines kortikalen Gewebes wird als synaptische Dichte bezeichnet (Bruer 2003, S. 87).

Abb. 1: Schematische Zeichnung einer Nervenzelle (hier eine motorische Nervenzelle). Neurone sind elektrisch erregbare Zellen des Nervensystems, die Impulse verarbeiten und weiterleiten. Sie stellen die Basis von Gehirn, Rückenmark und peripheren Nerven dar. Das Aktionspotenzial läuft als elektrischer Impuls vom Zellkörper über das Axon hin zu den Synapsen. Dort wird das elektrische Signal »übersetzt« in sogenannte Neurotransmitter oder Botenstoffe. Die Reizweiterleitung an andere Neurone erfolgt chemisch, indem die Neurotransmitter das Zielneuron spezifisch reizen.

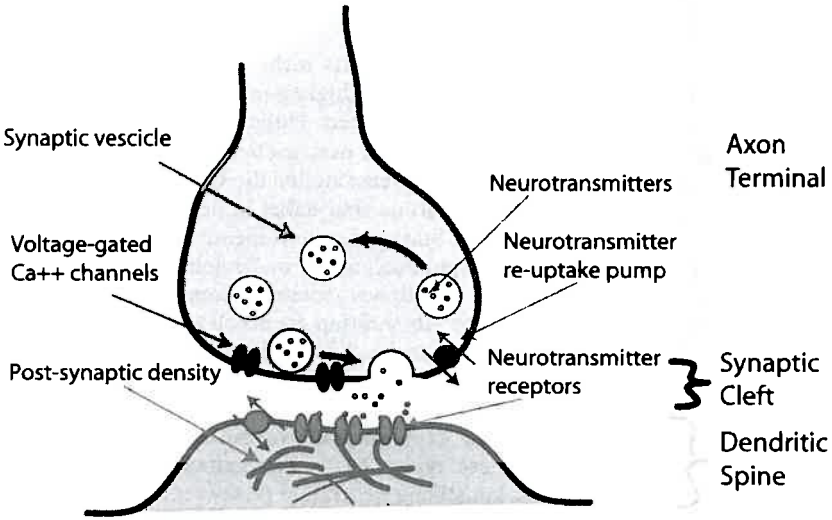


Quellen: Wikipedia sowie KANDEL/SCHWARTZ/JESSEL 1996; Grafik: H. HOFFMEISTER. Veröffentlicht unter der URL http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Impulsfortleitung_an_der_Nervenzelle.png und der GNU-Lizenz für freie Dokumentation

Um inputabhängige Veränderungen zu ermöglichen, besitzen Neurone einen zentralen Mechanismus. Der erste Schritt des Lernens, die Aufnahme von Signalen aus der Umwelt, stellt sich vereinfacht so dar: Ein physikalischer

Reiz löst ein bestimmtes Signal, z. B. in den Nervenzellen der Sinnesorgane aus, welches neuronal – per elektrischem Impuls – weitergeleitet wird. Die Übertragung des Signals auf andere Neurone erfolgt an der Synapse mittels der Neurotransmitter. Entscheidend für ein neues Aktionspotenzial ist dabei die Aufsummierung der einzelnen Signale, das sogenannte Summenpotenzial. Erst bei genügend Potential durch (mehrere) aktivierte Neurone bzw. Dendriten gibt das davon betroffene postsynaptische Neuron seinerseits ein Aktionspotenzial an andere Nervenzellen weiter. Und genau hierdurch ist auch ein Mechanismus für die Langzeitspeicherung beim (assoziativen) Lernen verfügbar.

Abb. 2: Schematische Darstellung einer synaptischen Verbindung. An der präsynaptischen Endigung (Axon Terminal) des Neurons werden durch den elektrischen Impuls Neurotransmitter freigesetzt, die durch den synaptischen Spalt (Synaptic Cleft) diffundieren. Vom postsynaptischen Neuron wird über einen Dendriten (Dendritic Spine) das Signal über entsprechende Rezeptoren aufgenommen.
Die Übertragung des Signals wird an den Synapsen modifiziert, da es viele bekannte Botenstoffe (Neurotransmitter) gibt, die jeweils unterschiedlich auf die Rezeptoren des gegenüberliegenden Neurons wirken. Bekannt ist dieser Einfluss nicht erst durch die Neurowissenschaft. In der Alltagswelt kann man diese Einflüsse durch Drogen- oder Alkoholkonsum, die an diesem Mechanismus ansetzen, deutlich feststellen.



Quellen: Wikipedia und ZIMBARDO[5] 1992; Grafik: NRETS. Veröffentlicht unter der URL http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:SynapseIllustration2.png und der GNU-Lizenz für freie Dokumentation

Ein zweiter Schritt des Lernens, die Zuordnung und *Speicherung von Mustern*, lässt sich schematisch so charakterisieren: Eine schwache Erregung (neu Erlebtes) wird bei zeitgleichem Auftreten mit einer starken Erregung (bereits Bekanntes) gekoppelt (Assoziation). Dies führt dazu, dass zukünftig die schwache Erregung allein einen starken Impuls auslösen kann. Dieser Vorgang ist grundsätzlich reversibel, d. h. man kann auch wieder verlernen oder vergessen. Diesen Vorgang meint die Hebbsche Lernregel, indem sie formuliert *»what fires together, wires together«*. Wenn mehrere Neuronen (öfter) gleichzeitig aktiv sind, verstärken sich zugleich die Verbindungen zwischen ihnen. Das bedeutet, dass zukünftig kleinere Impulse genügen, ein neues Aktionspotenzial auszulösen. Die Gewichtung der synaptischen Verbindung bedeutet eine Stärkung der Verbindung zwischen den beteiligten Neuronen. Sie ist als Langzeitpotenzierung gleichbedeutend mit der Speicherung der Muster. Die Art der Veränderung synaptischer Gewichtungen hat Einfluss auf die Geschwindigkeit des Lernens, da sich die einzelnen Sinneseindrücke oder dem Gehirn zugänglichen Inputs die Synapsengewichtungen normalerweise nur allmählich verändern, nicht schlagartig. Dadurch wird es jedoch möglich, nicht nur Einzelnes zu lernen, sondern auch Allgemeines (Spitzer 2003, S. 56 f). Da die Nervenverbindungen zudem in einem kompetitiven Verhältnis stehen, bedeutet dies zugleich immer, dass durch Lernen bestehende (alte, bereits gelernte) Verbindungen wieder schwächer werden können. Vor diesem Hintergrund lässt sich auch das *zentrale Dogma der Neurobiologie* (»use it, or loose it«) verstehen.

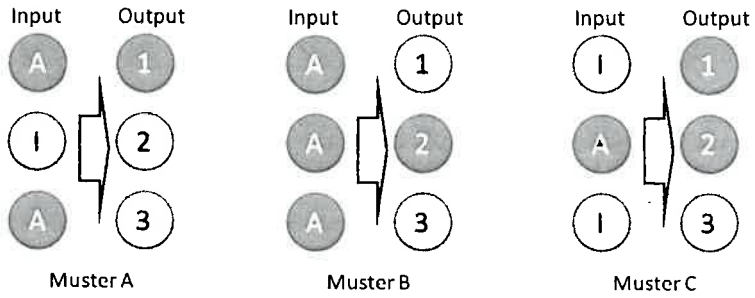
Wie mittels dieser neuronalen Arrangements nicht nur Lernen geschehen kann, sondern auch die höheren geistigen Fähigkeiten erklärt werden, ist Gegenstand der kognitiven Neurowissenschaften. Höhere Fähigkeiten werden vor allem mit dem Modell neuronaler Netze beschrieben (Kandel/Schwartz/Jessel 1996, Spitzer 1996). Neuronale Netze stellen die Grundarchitektur für das Denken zur Verfügung. Die Neurone sind dabei in der Art eines Netzes miteinander verknüpft. Über die Stärke der jeweiligen synaptischen Verbindungen werden Input und Output zueinander in Beziehung gesetzt. Neuronale Netzwerke können durch Parallelverarbeitung komplexe Muster lernen, ohne dass diesen Mustern eine Abstraktion eventuell zugrunde liegender Regeln vorausgeht. Das »Wissen« über die richtige Zuordnung steckt nicht in den Regeln der Verarbeitung, sondern in der Vernetzung der Neurone, insbesondere in der Stärke der Neuronenverbindung (*Synapsengewichtung*). Neuronale Netzwerke enthalten damit keine Regeln, was sie tun lässt sich jedoch durch Regeln beschreiben. Diese typischen Eigenschaften gelten gleichermaßen für natürliche wie für künstliche neuronale Netzwerke. An letzteren, mit denen die natürlichen Eigenschaften »nachgebaut« werden, hat man sehr viele Erfahrungen bezüglich des Lernens gewinnen können. Und durch ihre Nachbildung einer bestimmten Art menschlichen Lernens haben sie wiederum Eingang in viele technische Bereiche gefunden.

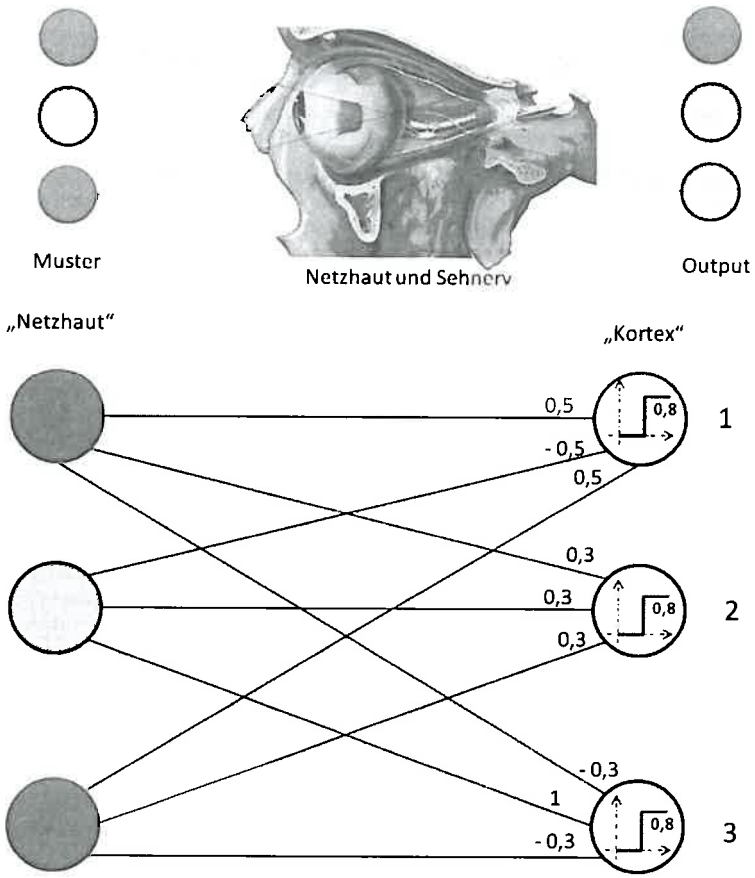
Abb. 3 und 4: Schematische Darstellung der Funktion eines einfachen neuronalen Netzwerks. Die Inputmuster (A, B, C) sollen erkannt und jeweils durch ein Output-Muster dargestellt werden. Veranschaulicht wird das durch ein Beispiel des Sehens als Mustererkennung. Das Muster A gelangt mittels des Auges als Strahlungsmuster auf die Netzhaut. Von dort aus gelangen die Signale über den Sehnerv in den Cortex. Dort wird über ein neuronales Netz ein Output erzeugt.

Beim dargestellten einfachen Netzwerk gibt es zwei Schichten von Neuronen, die Inputneurone (»Netzhaut«) und die Outputneurone (»Kortex«). Alle Neurone sind miteinander verbunden, jedoch mit unterschiedlichen synaptischen Gewichtungen (also Stärken des elektrischen Impulses). Wird nun ein Muster erkannt, dann deshalb, weil die synaptischen Gewichte so angepasst sind, dass beim Erkennen des Musters die Aktivierungsschwelle (Summenpotenzial) des jeweiligen Neurons überschritten wird und dieses dann ein Signal weitergibt (Aktionspotenzial).
Im dargestellten Fall wird das Muster A (Inputneuron 1 aktiv, 2 inaktiv, 3 aktiv) erkannt, da nur Outputneuron 1 die Aktivierungsschwelle von 0,8 überschreitet ($1 \times 0{,}5 + 0 \times -0{,}5 + 1 \times 0{,}5 = 1$).

Ein herkömmlicher, seriell arbeitender Computer würde einem Algorithmus folgen (diesen abarbeiten) und das Muster in etwa so »erkennen«: »Gehe zum mittleren Retina-Neuron und stelle fest, ob es feuert oder nicht; feuert es nicht, so handelt es sich um Muster 1, feuert es, so gehe zum oberen Retina-Neuron; feuert dies nicht, so handelt es sich um Muster 3; feuert es, liegt Muster 2 vor« (Spitzer, S. 25). Man kann sich leicht vorstellen, dass dies ab einem bestimmten Komplexitätsgrad unglaublich aufwendig und fehleranfällig ist, da bereits beim Ausfall eines einzigen Bearbeitungsschritts der komplette Algorithmus unwirksam wird. Zwar sind auch neuronale Systeme, insbesondere beim Lernen, fehleranfällig, dafür können sie aber eventuell auftretende »Hardwarefehler« völlig oder teilweise kompensieren. Sie fallen also beim Auftritt eines Fehlers nicht komplett aus (*graceful degradation*), ein Phänomen, das auch das menschliche Gehirn auszeichnet (Spitzer 1996).

Legende: A = Aktiv (dunkel), I = Inaktiv (hell), 1 – 3 = Outputmuster auf Inputmuster





Quellen: Modell nach Spitzer 1996, S. 25 ff. Eigene Grafik. Auge von Patrick J. Lynch/ Anka Friedrich (Retusche)Veröffentlicht unter der GNU-Lizenz für freie Dokumentation unter der URL http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Lateral_orbit_nerves_chngd.jpg.

Lernen führt also zu spezifischen synaptischen Strukturen und örtlich bezogenen Ausprägungen in cortikalen Strukturen. Zur Verdeutlichung muss an dieser Stelle hervorgehoben werden: Zum Lernen gehört nicht nur die Verknüpfung und Stärkung neuer synaptischer Verbindungen. Es gilt auch das »Dogma«, dass sich diese Verbindungen bei einem längeren Nicht-in-Anspruch-nehmen wieder abschwächen. Hinzu kommt also das – mehr oder weniger – gezielte Deaktivieren von Verbindungen, welche nicht (mehr) benötigt werden. Dieser zweite Prozess, »Pruning« genannt, hat die Aufgabe, das Lernen neuronal effizienter zu machen (EducETH 2009 a, Neuromythos 2) sowie das Wissen effektiv zu strukturieren. Es vollzieht sich über die Konkurrenz, in der Neurone bei der Ausbildung synaptischer Verbindungen bzw. der Stärke ihrer Signale stehen (Bauer et al. 1997). »Aus diesem Grund gilt die schlichte Gleichung ›Lernen = Wachstum von Verbindungen zwischen Nervenzellen im Gehirn‹ also nicht« (EducETH 2009 a, Neuromythos 2). Der Mechanismus neuronaler Reizverarbeitung beim Lernen weist zugleich auf den »Speicherort« der Informationen hin: Zwar über Zentren lokalisierbar, dennoch auf unterschiedliche Regionen im Gehirn verteilt.

1.2 Neurophysiologie: Von Hemisphärendominanzen und Lokalitäten

Zentrum und hierarchische Spitze aller neuronalen Aktivitäten ist das Gehirn. Das gilt bei allen Tieren mit zentralem Nervensystem. Hier werden Informationen über die Außenwelt mit den körpereigenen Signalen abgeglichen und es bildet die Basis höherer geistiger Prozesse. Soweit bekannt, »ist das menschliche Gehirn die komplexeste Struktur« des Universums (Zimbardo[5] 1992, S. 103). Diese Bedeutung war den Menschen schon lange vor den modernen Neurowissenschaften bewusst und kann erstmals im antiken Griechenland belegt werden. Bereits ab dem 17. Jahrhundert gab es Vermutungen über eine funktionelle und anatomische Asymmetrie des Gehirns (Idee der funktionellen Lokalisation). Überlagert vom Grundsatzstreit, ob kognitive Leistungen in einzelnen Regionen lokalisierbar seien, oder doch vom Gehirn als Ganzem erbracht würden (Äquipotenzialtheorie) wurden seit Mitte des 19. Jahrhunderts die Hinweise auf Lokalisationen systematisch untersucht. Hierzu dienten vor allem Tierversuche und Untersuchungen verschiedener Hirnläsionen und ihrer entsprechenden Auswirkungen. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts stehen auch nicht-invasive Verfahren zu Verfügung und in jüngerer Zeit vor allem bildgebende Verfahren zur direkten und synchronen Beobachtung neuronaler Vorgänge im Gehirn (Zilles 2003). Doch dabei ist insofern Vorsicht geboten, als das Gehirn ca. 10^{12} Nervenzellen besitzt. Betrachtet man weiter, dass jedes Neuron über seine synaptischen Verbindungen mit 10 000–15 000 anderen Neuronen interagiert, so kommt man auf eine Gesamtzahl an Synapsen in einer Größenordnung von 10^{16} (Rösler 2004, S. 32). Beobachtet werden kann insofern gar nicht auf synaptischer Ebene, sondern nur auf der komplexen Ebene von neuronalen Clustern.

Lange Zeit wurde die Lokalisationsforschung von der intensiven Beschäftigung mit Sprache geprägt. So führte Paul Broca (1824–1880) an einem Patienten eine Autopsie durch, der zwar noch Sprache verstehen, aber sich selbst nicht mehr sprachlich äußern konnte. Er »fand eine klar umgrenzte Schädigung in einem Bereich des linken Frontallappens, der bis heute Broca-Areal heißt« (Wikipedia: Geschichte der Hirnforschung, 23. 1. 2010). Der deutsche Neurologe Carl Wernicke fand einen dem entgegengesetzten sprachgeschä-

digten Typus, dessen Läsion an einer anderen Stelle als dem von BROCA lokalisierten Areal zu finden war. Damit konnte der vermeintliche Sitz des Sprachvermögens präziser angegeben werden, als jemals zuvor. Bald folgte die allgemeine Einsicht, dass die linke Hirnhälfte eine besondere Rolle bezüglich des Sprechens spielt, ohne jedoch zu vernachlässigen, dass geistige Prozesse zwar in spezifischen Regionen vermittelt werden, jedoch insgesamt nur Teilprozesse darstellen. »Sprache als komplexe intellektuelle Leistung ist also zwar durchaus lokalisierbar, aber eben nicht nur in einer Region bzw. einem Zentrum« (BECKER 2006, S. 127). Das Konzept der Lokalisation ist heute sehr viel komplexer zu verstehen, als hier angedeutet werden kann, und ist bezüglich der visuellen Wahrnehmung am weitestgehenden untersucht (ENGEL/SINGER 1997). In einem normal entwickelten Gehirn sind jedenfalls die Wechselwirkungen zwischen beiden Hemisphären so stark, dass die speziellen Funktionen nicht klar unterschieden werden können (KANDEL/SCHWARTZ/JESSEL 1996, S. 363 ff).

Interessanter und weitreichender für die Theorie einer Lateralisierung, also der Unterschiedlichkeit der Hirnhälften, waren die Untersuchungen von ROGER SPERRY in den 1960er-Jahren. Zunächst führte er diese an Tieren, später an Menschen, den sogenannten Split-Brain-Patienten durch. Diesen wurde – als letztes Mittel der Behandlung von Epilepsie – der Balken, der beide Hirnhälften verbindet, durchtrennt. Im normalen Leben fanden sich diese Menschen wie gewohnt zurecht und hatten keine kognitiven Leistungseinbußen. SPERRY konfrontierte sie in verschiedenen Experimenten mit Aufgaben, die jeweils nur eine Gehirnhälfte betrafen. In diesen Fällen traten andere Verhaltensweisen auf, als sie bei Menschen mit intaktem Balken zu beobachten sind. Insbesondere sind beispielsweise Informationen, die in der rechten Hirnhälfte verarbeitet werden, für das Sprachzentrum nicht verfügbar. Die Betroffenen konnten die entsprechenden gezeigten Gegenstände zwar nicht benennen, waren jedoch in der Lage, sie mit der von der rechten Hemisphäre gesteuerten linken Hand zu greifen. Kritisch ist hierzu anzumerken, dass zum einen bei einem Fehlen des Balkens aufgrund einer Fehlbildung des Hirns dieses Phänomen nicht auftreten muss, das Gehirn also wahrscheinlich andere Querverbindungen ausbauen kann, zum anderen ist zu beachten, dass ein durchtrennter Balken nicht »den hirnanatomischen Normalfall« darstellt (BECKER 2006). Jedenfalls können Kinder (nicht jedoch Erwachsene) auch mit schweren Verletzungen der linken Hirnhälfte im weiteren Lebenslauf die Fähigkeit zur Sprache erwerben, »da die rechte Hemisphäre die Sprachfunktionen übernehmen kann, wenn die linke nicht mehr funktioniert« (KANDEL/SCHWARTZ/JESSEL 1996, S. 366).

1.3 Evolutionsbiologie: Lernen zwischen privilegierten und nicht-privilegierten Formen

Entsprechend der genetischen Abstammung und Phylogenese verlaufen die Stufen der Embryonalentwicklung bei allen Wirbeltieren recht ähnlich. Die Entwicklung des Nervensystems folgt dabei einem genetischen Programm. Insofern liegt es nahe, dass auch bestimmte Verhaltensweisen und Reaktionstypen im genetischen Programm verankert sind. Doch gegenüber der oft starren Erb- und Instinktmotorik anderer Tiere kann der Mensch in einer erstaunlichen Vielfalt und Kreativität Bewegungszusammenhänge lernen, verändern und probieren. ARNOLD GEHLEN (1986, S. 19 f) spricht deshalb beim Menschen vom »Lernwesen«. Im Zusammenhang des sozio-kulturellen Lernens von Menschen spricht PORTMANN (^{2}1962) schließlich vom »extrauterinen Erstjahr« (S. 103), das menschliche Nachkommen in Bezug auf die Reifungsvorgänge der Wahrnehmung und Bewegung verbringen. Als »physiologische Frühgeburten« (^{2}1959, hierzu auch SIEBERT 2001, S. 8) müssen sie im ersten Jahr nach der Geburt vor allem die sozialen Regeln erlernen. Dabei sind Menschen auf sozialen Kontakt und Anreize der Umwelt existenziell verwiesen, deren Bedingungen sie oft nachahmen. Andererseits ist dies wohl die Voraussetzung dafür, dass Menschen »weltoffen und entscheidungsfrei« werden können (PORTMANN). Evolutionsbiologisch betrachtet liegt natürlich auch nahe, dass nicht nur die Fähigkeit des Lernens genetisch grundgelegt ist, sondern auch die ein oder andere Art und Weise des Lernens, also der Lernprozess selbst. Für eine solche Art des Lernens wurde die Bezeichnung »privilegiertes Lernen« gewählt. »Privilegiertes Lernen liegt dann vor, wenn durch biologische Entwicklungsprogramme festgelegt ist, durch welche Umweltbedingungen bestimmte Lernprozesse ausgelöst werden und auf welche Weise diese Lernprozesse anschließend ablaufen« (SCHUMACHER 2006, S. 178).
Das Beispiel, welches in diesem Bereich normalerweise genannt wird, ist das Lernen einer Muttersprache. Als privilegiertes Lernen fällt es Kindern relativ leicht, sich die Muttersprache anzueignen. Der Erwerb einer Fremdsprache zu einem späteren Zeitpunkt im Lebenslauf ist dagegen nicht privilegiert und für viele äußerst mühevoll. Hirnphysiologisch weiß man, dass grammatische Informationen einer später erlernten Sprache in anderen Gehirnzentren verarbeitet werden als beim ursprünglichen und privilegierten Lernen. Vokabeln der jeweiligen Fremdsprache werden dagegen immer in den gleichen Regionen verarbeitet (PAULUS 2003). Weitere Formen privilegierten Lernens sind etwa das Lernen des aufrechten Gangs und das Modelllernen durch Rollenspiele. »Die Vermutung, dass das menschliche Gehirn für bestimmte Lerneerfahrungen in gewissen Zeiträumen besonders offen ist, wurde nicht zuerst von den Neurowissenschaften vorgetragen« (BECKER 2006, S. 86). Viele dieser Befunde wurden, im Zusammenhang mit dem frühkindlichen Lernen und frühkindlicher Förderung, bereits in den 1970er-Jahren vorgestellt. Hier be-

kräftigen die Neurowissenschaften empirisch pädagogische und psychologische Erkenntnisse, die in Begriffen wie »kritische Phasen«, »kognitive Fenster« etc. grundgelegt sind.
Doch nur manche Lernprozesse fallen in den Zeitfenstern junger Jahre leichter und privilegiertes Lernen zeichnet sich »gerade nicht durch Offenheit für Angebote der Umwelt aus, sondern im Gegenteil durch Abschirmung gegen alle Reize, die nicht in das Lernprogramm passen« (STERN 2003 b, S. 23). Für die meisten Lernprozesse gibt es noch nicht einmal eine besondere Sensibilität und insgesamt gibt es keinen Beleg dafür, dass bestimmte Lernprozesse nach diesen Phasen nicht mehr oder nur mit größter Mühe stattfinden können. Zu differenziert sind die typisch menschlichen Lernformen. Viele Lernprozesse sind eigentlich eher erfahrungsabhängig, da Lernen ein kumulativer Akt ist. Mittlerweile gibt es viele wichtige Unterscheidungen, die den Lernprozess selbst betreffen, wie etwa neben der klassischen Konditionierung das Lernen am Modell, Lernen aus Einsicht, inzidentelles Lernen, intentionales Lernen, widerständiges Lernen etc. Neurobiologisch ist die Einsicht wichtig, dass die überwiegende Mehrzahl der Lernprozesse im nicht-privilegierten Bereich ablaufen. Fast alle Inhalte und Fähigkeiten, die im Rahmen des lebenslangen Lernens gefragt sind, betreffen insofern Formen des nichtprivilegierten Lernens. Unter anderem auch deshalb, weil diese Kulturtechniken evolutionsgeschichtlich erst seit sehr kurzer Zeit existieren. Die aus Tierversuchen möglicherweise übertragbaren Lernmechanismen stellen wiederum nur eine sehr eingeschränkte Art des menschlichen Lernens dar: das der klassischen Konditionierung, dessen Spuren sich auch über neuronale Repräsentationen im Gehirn zeigen lassen.

1.4 Neuroanatomie: Gedächtnis

Dem Speichern und Wiederabrufen des Erlernten dient das Gedächtnis. Die verschiedenen Gedächtnisfunktionen lassen sich mittlerweile bestimmten Hirnregionen zuordnen. Dabei ist das Gedächtnis nicht einheitlich, sondern in mehrere Arten gegliedert (KANDEL/SCHWARTZ/JESSELL 1996). Viele Informationen dazu sind bereits durch psychologische Erkenntnisse hinreichend bekannt gewesen. Bezüglich der Gedächtnisarten wird zunächst rein zeitlich unterschieden in Ultrakurzzeit- bzw. sensorisches Gedächtnis, Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis und schließlich das Langzeitgedächtnis. Im sensorischen Gedächtnis (auch sensorisches Register) werden zuerst die eingehenden Sinnesreize zwischengespeichert. Dabei ist das sensorische Gedächtnis für jede Sinnesmodalität spezifisch und steht für eine »präkategoriale« Art des Erkennens. Also vor den Prozessen der Mustererkennung (ZIMBARDO[5] 1992, S. 271 f). Dabei werden weitaus mehr Reize aufgenommen, als schließlich modifiziert an das Arbeitsgedächtnis weitergeleitet werden. Eine Weiterleitung der Inputs erfolgt erst, nachdem es eine (selektive) Aufmerksamkeit dafür gibt, beispielsweise durch das Erkennen eines bestimmten Musters. Im

Zentrum der bewussten Gedächtnisprozesse steht das Kurzzeitgedächtnis oder Arbeitsgedächtnis mit seinem sehr begrenzten Inhalt. Es ist im *präfrontalen Cortex* lokalisiert und bildet eine »unauflösliche Einheit« mit dem limbischen System (ROTH 1997, S. 178). Das Arbeitsgedächtnis ist Teil der »psychologischen Gegenwart« und einzige Stufe des Erinnerns, auf der die Inhalte bewusst verarbeitet werden (ZIMBARDO[5] 1992, S. 274 f). Ausgereift ist dieses ab dem Jugendalter. Die hier erarbeiteten Informationen können weiterverarbeitet werden und als Ergebnisse der Denkprozesse dann in das Langzeitgedächtnis transportiert werden. Dieses wiederum verfügt über eine enorme Kapazität. Zentral für die Organisation des Langzeitgedächtnisses ist die Bedeutung (*Semantik*). Das Langzeitgedächtnis stellt eine Leistung des *gesamten Cortex* einschließlich *subkortikaler Strukturen* dar.

Im Bereich des Langzeitgedächtnisses sind mindestens vier verschiedene Gedächtnisarten unterscheid- und differenzierbar (BECKER 2006, MARKOWITSCH 1997, ROTH 1997, ZIMBARDO[5] 1988):

- Das semantische Gedächtnis, als »Wissensystem« im Sinne von Fakten oder von »Weltwissen« sowie semantisch-grammatikalischer Kenntnisse. Relevante Strukturen für Einspeicherung, Konsolidierung und Abruf sind hier das limbische System und der cerebrale Cortex.
- Das episodische Gedächtnis im Sinne persönlicher und autobiografischer, nach Ort und Zeit differenzierter und größtenteils singulärer Erfahrungen. Die Gedächtnisinhalte werden, gemeinsam mit denen des semantischen Gedächtnisses, als deklarativ bzw. explizit bezeichnet, weil man über sie berichten oder schreiben kann. Relevante Strukturen sind hier wiederum das limbische System sowie der cerebrale Cortex.
- Das prozedurale Gedächtnis im Sinne von erlernten Fertigkeiten und Verhaltensweisen. Dies gilt insbesondere für weitgehend »automatisiert« ablaufende mechanische und motorische Fertigkeiten, wie beispielsweise Autofahren. Relevante Strukturen sind hier das Kleinhirn und die Basalganglien. Diese stellen, nach bisherigem Kenntnisstand, zugleich den Speicherort dar und den Abrufweg zur Verfügung.
- Das Priming (Bahnung), das gemeinsam mit dem prozeduralen Gedächtnis nicht-deklarative bzw. implizite Gedächtnisinhalte aufweist. Es ermöglicht ein erleichtertes Erinnern von ähnlich erlebten Situationen oder früher wahrgenommenen Reizmustern. Die relevante Struktur stellt hier wiederum der cerebrale Cortex dar.

Die deklarativen Gedächtnisanteile im präfrontalen Cortex, die beispielsweise für das Erfassen und Verarbeiten von komplexen Sachverhalten notwendig sind, erfordern ein waches Bewusstsein. Für die Überführung neuer Inhalte in das deklarative Gedächtnis ist das *limbische System* unerlässlich. Dabei ist das limbische System keine klar abgrenzbare Gehirnregion. Vielmehr besteht es aus unterschiedlichen Strukturen wie dem *limbischen Lappen*,

dem *Hippocampus* und der *Amygdala*. Die neuroanatomische Struktur des Gedächtnisses ist insofern sinnvollerweise bezüglich seiner Prozesse zu unterscheiden(Brand/Markowitsch 2006)

- bezüglich der Genese seiner Inhalte (Aufnahme von Informationen),
- der Einspeicherung (Enkodierung),
- der Verarbeitung (Konsolidierung) und letztlich
- dem Ort der Speicherung im Gehirn (Ablagerung).

So ist der Hippocampus lediglich ein »Organisator«. Er ist zwar für die Speicherung und das Abrufen der Gedächtnisanteile wichtig, ist jedoch nicht selbst der Speicherplatz. Nicht jede Art von Gedächtnis ist notwendig von Bewusstsein begleitet. Es gibt Fälle, in denen deklarative Gedächtnisanteile in das prozedurale Gedächtnis überführt werden und quasi »ohne nachzudenken« zur Verfügung stehen. Auch dies weiß man anhand von Läsionsstudien (Roth 1997). Auch kann man die verschiedenen Gedächtnisarten nicht einfach in Position oder Opposition zueinander setzen. Für Formen des Lernens wie beispielsweise die klassische Konditionierung sind andere Gehirnbereiche einbezogen als für das kategoriale Lernen, das wahrscheinliche eine eigene Gedächtnisart darstellt (Roth 1997). Auch das Wissen über eine Person wird nicht zusammengefasst gespeichert. Die unterschiedlichen Kenntnisse, wie etwa Aussehen, Stimme und Namen gelangen vielmehr in unterschiedliche Hirnregionen. Entscheidend für die Verarbeitung von Informationen zu bedeutungsvollen Gedächtnisinhalten ist in jedem Fall der emotionale Bezug. Da hierfür wiederum das *limbische System* zuständig ist, spielt es für Lehr- und Lernprozesse eine zentrale Rolle. »Dies weist auf die nur schwer sauber trennbare Verflochtenheit unterschiedlicher Wahrnehmungs- und Erlebnisebenen hin, besonders auf die Bedeutung der emotionalen Bewertung« (Markowitsch 1997, S. 26). Die Annahme, dass der präfrontale Cortex, durch die Beheimatung der Handlungssteuerung und vieler kognitiver Prozesse, das höchste Zentrum des Gehirns sei, ist neurowissenschaftlich nicht gerechtfertigt. »Vielmehr arbeitet er mit den anderen sensorischen, motorischen und assoziativen Arealen zusammen« (Roth 1997, S. 184).

1.5 Neuropsychologie: Die Rolle von Emotionen beim Lernen

Emotionen weisen eine enge Verflochtenheit mit der Kognition auf, denn (emotionale) »Bewertungs- und Gedächtnisprozesse hängen untrennbar zusammen« (Roth 1997, S. 198). Vor allem aber sind Emotionen zentral für Lernprozesse, denn diese sind ohne eine emotionale Ebene nicht vorstellbar. In Erweiterung und Abgrenzung zu Gefühlen, die das jeweilige subjektive Erleben von Emotionen darstellen, werden mit Emotionen, als psychophysiologische Prozesse, auch die einhergehenden körperlichen Zustände und das Ausdrucksverhalten gekennzeichnet. Von besonderer Bedeutung hierfür ist wiederum das limbische System, das an Lern- und Gedächtnisprozessen

ebenso beteiligt ist wie an der Regulation vegetativer Funktionen. Es hat bei niedrigen Tieren einen beträchtlichen Anteil am Hirngewicht und im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung sehr unterschiedliche Veränderungen erfahren. Phylogenetisch tauchen Emotionen auf, bevor der Mensch Sprache und die heutige Art des Denkens entwickelt hat. Auch in der Ontogenese nehmen Emotionen eine Vorrangstellung ein: Säuglinge können weinen und lächeln, lange bevor sie verbale Fähigkeiten erwerben (Goller 1995). Das emotionale Erleben von Menschen ist zwar begrenzt, aber dennoch ausdifferenziert möglich. Komplexe Emotionen bei Menschen beinhalten beispielsweise die Fähigkeit, sich in andere Personen empathisch einzufinden. Parallel dazu können »mit der Entwicklung des Gedächtnisses und der Herausbildung von Erwartungen [. . .] Emotionen sowohl durch ein immer größeres Spektrum von sensorischen Reizen als auch durch Gedanken ausgelöst werden« (Zimbardo[5] 1992, S. 382). Die These, dass Emotionen einen zu überwindenden archaischen Bestand gegenüber der Ratio (Vernunft) darstellen, weil sie in einem stammesgeschichtlich alten Teil des Gehirns lokalisiert sind, wird in der heutigen Neurowissenschaft nicht mehr vertreten. Die Entstehung von Emotion wird vielmehr als notwendiges Zusammenspiel vieler Gehirnareale gesehen. Es wird also nicht dem limbischen System allein zugesprochen und umgekehrt ist das limbische System auch zur Bewertung von Sachverhalten notwendig. Vor allem aber hat es eine besondere Rolle beim Speichern von Informationen (Markowitsch 1997).

Abb. 5: Schematische Übersicht über das limbische System, das für Emotionen und Lernprozesse gleichermaßen zentral ist. Das limbische System, das wie ein Saum oder Gürtel (limbus) um den Balken liegt, ist auch für die Ausschüttung von Endorphinen verantwortlich. Der Hippocampus stellt die zentrale »Schaltstation« des limbischen Systems dar. Es gibt einen Hippocampus pro Hemisphäre. Er liegt im *Temporallappen* (Schläfenlappen) des Großhirns (*Telencephalon*).

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Brain_limbicsystem.jpg. Das Bild ist gemeinfrei und wird unter den Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz von Wikipedia verwendet.

Wie schon erwähnt, wurden historisch viele Erkenntnisse zufällig anhand von Patienten mit Hirnläsionen gewonnen. Auch das einprägsame Beispiel der Gedächtnisleistung in Abhängigkeit von Emotionen ist diesem Umstand geschuldet. Menschen, deren Hippocampus zerstört oder ausgeschaltet wurde, können keine neuen Informationen mehr in das Langzeitgedächtnis überführen (anterograde Amnesie). Sie können sich nichts Neues mehr merken, während das Erinnerungsvermögen an den Zeitpunkt vor der Schädigung erhalten bleibt (Goller 1995, S. 46 f). Hirnstimulationen im limbischen Bereich, wie sie etwa bei operativen Eingriffen notwendig sind, um nicht lebenswichtige Zentren auszuschalten, führen sowohl bei Tieren als auch bei Menschen zu spezifischen, positiven wie negativen, Emotionen. Der sogenannte Mandelkern (*Amygdala*), eine weitere Unterstruktur des limbischen Systems, ist für die »emotionale Färbung« von Wahrnehmungen verantwortlich und an der Verarbeitung emotionaler Gedächtnisinhalte beteiligt (Markowitsch 1995). Er ist paarig vorhanden und wesentlich an der Entstehung von Angst beteiligt. Bei Personen, deren Amygdalae zerstört sind, kommt es zum Verlust von Furcht- und Aggressionsempfinden bzw. zum Zusammenbruch der damit verbundenen und mitunter lebenswichtigen Warn- und Abwehrreaktionen. Angst ist beim konditionierten Lernen ein wesentlicher Bestandteil, sobald Reize mit ihr verbunden werden.

2. Der »pädagogische Fehlschluss« direkter Ableitungen

> »In der neurowissenschaftlichen Literatur lassen sich keine Hinweise darauf finden, dass Menschen bevorzugt mit dem einen oder anderen Sinnesorgan wahrnehmen. Vielmehr wird Wahrnehmung dort als eine komplexe Leistung des Gehirns dargestellt, die auf unterschiedliche Reize angewiesen ist [...] Für die Behauptung, dass der Lerneffekt mit der Anzahl der Präsentationsmodi steigt, lassen sich [...] keinerlei wissenschaftliche Belege finden« (Becker 2006, S. 160 f).

Bezüglich pädagogischer Problemstellungen gibt es offensichtlich einen enormen Bedarf an Ratschlägen, der über eine spezifische Literaturgattung befriedigt wird. Diese berufen sich mehr oder weniger explizit auf Erkenntnisse aus der Hirnforschung und finden sich unter verschiedenen Bezeichnungen. Zu den bekanntesten gehören ganze darum gebaute Konzeptionen wie »*Suggestopädie/Superlearning, EDU-Kinestetik/Brain-Gym, Gehirngerechtes Lernen nach Birkenbihl und Ganzheitliches Lernen/Lernen mit allen Sinnen*« (Becker 2006, S. 105, kursiv im Original). Daneben gibt es noch »Bedienungsanleitungen« für oder sogar »Reiseführer« durch das Gehirn. Entsprechend lassen sich dazu pädagogische »Schulen« und Lehrmeinungen identifizieren. Eine gemeinsame Schnittmenge der Ratgeberliteratur ist die

konstatierte Vorstellung, dass das Gehirn mit den herkömmlichen pädagogischen Mitteln nicht ideal genutzt bzw. das Potenzial zum Lernen nicht ausreichend ausgeschöpft würde. Dabei wird nicht nur bemängelt, dass normalerweise falsch gelernt würde, sondern auch, dass das Falsche gelernt (und natürlich gelehrt) werde (Becker 2006). Hergeleitet werden diese Krisendiagnosen im Regelfall vom Schulbetrieb. »Denn was nützt ein Unterricht, wenn er gegen die biologischen Gegebenheiten des menschlichen Organismus verstößt? Traditionen kann man ändern, die Struktur und Funktion unseres Gehirns und seine Wechselwirkungen mit dem übrigen Organismus dagegen nicht« (Vester[5] 1988, S. 471). Typischerweise wird dabei eine Dichotomie von Natur und Kultur postuliert, wobei die Kultur – eben in Form schulischer Pädagogik – »das Gehirn« in der »natürlichen« Entwicklung stört. Dementsprechend gibt es das Versprechen, bei entsprechender Beachtung der Grundsätze mühelos zu einem Lernerfolg zu kommen. Oder gar den Anspruch, dass alles was gelernt und gelehrt wird, »gehirngerecht« gemacht werden kann (Birkenbihl[46] 2006, Buchrücken). Eine wahrlich problematische Konstellation, die dann konsequenterweise zur modernen pädagogischen Mythenbildung führt.

Dabei gibt es sehr unterschiedliche Qualitäten in Bezug auf die einzelnen Empfehlungen oder vorgeblichen Ableitungen aus den Forschungsergebnissen der Neurowissenschaften. In der Regel beziehen sich die verschiedenen Ratgeber jedoch gar nicht direkt auf wissenschaftliche Ergebnisse, sondern enthalten »Versatzstücke« mehr oder weniger aktueller empirischer Befunde (Becker 2006). Problematisch daran ist vor allem, dass dies oft von direkten und eindringlichen Empfehlungen bezüglich pädagogischen Handelns begleitet ist. Wissenschaftstheoretisch ist dies ein äußerst problematisches Vorgehen und gleicht einem Sein-Sollen-Fehlschluss. Nach Becker (2006, S. 204 ff) ist dies, wegen der Eigenständigkeit und Unterscheidbarkeit zum naturalistischen Fehlschluss, ein pädagogischer Fehlschluss. Auch beim pädagogischen Fehlschluss wird »aus deskriptiven Aussagen über Lernen eben nicht nur abgeleitet [...], wie Lernen sein soll, sondern wie Lehre aussehen sollte, damit Lernen in einer bestimmten Weise ermöglicht wird. Neben einem Sollzustand werden demnach auch Aussagen über die *einzusetzenden Mittel* getroffen – und eben jene Mittel kommen im ursprünglichen Befund gar nicht vor« (S. 207, kursiv im Original).

Einfache Konzepte können in komplexen pädagogischen Konstellationen nicht funktionieren. Pädagogische Ratgeber, die sich auf neurowissenschaftliche Ergebnisse berufen, reagieren wohl zuallererst auf die unbefriedigende Situation, die sich jedem Pädagogen zunächst so darstellt, dass das Lernen niemals ein Eins-zu-eins-Verhältnis von Anweisung und Ausführung darstellt. Und je komplexer die Lerninhalte oder Lernstrukturen sind, desto unberechenbarer sind die tatsächlichen Lernergebnisse und Verhaltens-

weisen. Dies wirft zugleich ein Licht auf einen zweiten großen Problemkreis: Neurowissenschaftlichen Mythen und epistemischen Problemstellungen bei einer Anwendung auf pädagogisches Handeln. Grundsätzlich ist zunächst der Sprachgebrauch problematisch, denn mit »hirngerecht« werden all die Bedeutungszuschreibungen suggeriert, die beispielsweise das Adjektiv menschengerecht beinhaltet. Implizit wird damit dem Gehirn eine eigene Subjektivität zugeschrieben. Die »Rede vom ›Ich‹ als Benutzer« des eigenen Gehirns ist auch deshalb problematisch, weil »die erforderliche minimale Unabhängigkeit von Benutzer und Werkzeug« nicht gewährleistet ist (Keil 2003, S. 92). Der daraus resultierende pädagogische Fehlschluss – und damit verbunden eine Mythenbildung um die Hirnforschung – findet beim Thema »hirngerechtes Lernen und Lehren« auf vier Ebenen statt (siehe hierzu vor allem Becker 2006 und 2009):

1. Der Ebene der Hemisphärenaufteilung und Spezialisierung der Hirnhälften bzw. der Dominanz der linken Gehirnhälfte.
2. Der Ebene nicht genutzter Hirnkapazitäten.
3. Der Ebene von Lerntypen und deren Zuordnung.
4. Der Ebene der Überbetonung positiver Gefühle beim Lernen.

Hinzu kommt das wissenschaftstheoretische Problem, dass auch vonseiten der Neurowissenschaften, genauer einiger Neurowissenschaftler Grenzüberschreitungen vorgenommen werden, die vor allem in Form

5. eines allzu naiven Sprachgebrauchs bzw. dem mereologischen Trugschlusses,
6. der Vorstellung eines Kindheitsdeterminismus und schließlich
7. verschiedener Probleme der Übertragung empirischer Ergebnisse

aufzuweisen sind.

2.1 Die Vorstellung asymmetrischer Hirnhemisphären

Die physiologische Gegebenheit, dass das menschliche Gehirn in zwei Hälften aufgebaut ist, die mit dem sogenannten Balken (*Corpus Callosum*) verbunden sind, ist Ausgangspunkt aller Ratgeber. Dabei werden der linken Gehirnhälfte typischerweise rationale und analytische Fähigkeiten zugesprochen, der rechten Gehirnhälfte emotionale, künstlerische und »ganzheitliche«. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass die linke Gehirnhälfte überbeansprucht sei, während die rechte Hirnhälfte dagegen zu wenig genutzt werde. In den Darstellungen geht dies zum Teil soweit, das Gehirn mit einem Muskel zu vergleichen, der zu einem Teil gut trainiert ist (linke Hälfte), zu einem anderen ein Kümmerdasein führt bis dahin, von einer »abgeschalteten« Gehirnhälfte zu reden. Hirnphysiologische Erkenntnisse oder Belege dafür werden eher selten genannt (Becker 2006). Wenn, dann wird zumeist auf die Split-Brain-Problematik verwiesen (siehe hierzu oben unter 1.2). Abhilfe wird dadurch versprochen, dass gezielte Übungen oder spezifische Aufgabenstellungen zu

einer Reintegration der beiden Gehirnhälften führen sollen. Doch das ist schon allein sprachlich ein Unfug. »Gehirnhälften haben kein Wissen, können nichts erkennen oder kommunizieren« (Hacker 2004, S. 44). Die Vorstellung, dass die linke Hemisphäre eher für rationales und analytisches Denken zuständig sei, die rechte Hirnhälfte dagegen für kreative und gefühlsbetonte Aspekte der Kognition, ist weit verbreitet. Dabei werden beide Hälften voneinander unabhängig gedacht. Mit einer solchen Übertragung der Terminologie wird jedoch der Bereich empirischer Erkenntnisse der Neurobiologie weit überschritten. Das Gehirn funktioniert »nicht wie ein Muskel, der durch Bewegung jeder Art trainiert werden kann« (EducETH 2009 a, Neuromythos 1). Trotz der Kritik vonseiten der Neurowissenschaften, dass aus einer solchen Sicht und seiner Anwendung auf pädagogische Fragen eine übermäßige Vereinfachung folgt, hat sich diese Vorstellung »in der populären Mythologie der pädagogischen Kreise erhalten« (Bruer 2003, S. 50).

Vonseiten der Neurowissenschaften bleibt hierzu zunächst festzustellen, dass die Frage einer Hemisphärenasymmetrie keine genuin forschungsleitende Frage ist. Die Vorstellung, dass bei gesunden Menschen die beiden Hirnhälften autonom arbeiten und keine Verbindung haben, lässt sich neurowissenschaftlich nicht zeigen. Was sich zeigen lässt ist, dass es für verschiedene Funktionen eine dominante Seite gibt, die jedoch genetisch festgelegt ist und individuell unterschiedlich lokalisiert sein kann. Sie müssen auch bei Linkshändern nicht immer rechts liegen. Doch obwohl beispielsweise für Sprache das sogenannte Broca-Areal, lokalisiert in der linken Gehirnhälfte, eine wichtige Rolle spielt, lässt sich mit modernen bildgebenden Verfahren zeigen, dass eine lange Zeit angenommene Differenzierung in zwei großflächige Sprachzentren so nicht gegeben ist. Auch die jeweils andere Hirnhälfte spielt bei der Bewältigung von Aufgaben, wie dem Sprechen und Verstehen einer Sprache, eine gewichtige Rolle. Aufgegriffen wird der Begriff der Dominanz, der tatsächlich in den neurowissenschaftlichen Befunden eine Rolle spielt, in den Ratgebern auch sprachlich naiv. Dabei wird ihm eine andere Bedeutung unterlegt, die sich nicht aus den wissenschaftlichen Befunden ergibt. Aus der Dominanz wird gefolgert, dass die andere Hälfte eine »unterworfene« Einheit darstellen müsse. »Für diesen Gedankensprung und die weit reichenden Folgebehauptungen lassen sich in der neurowissenschaftlichen Literatur [jedoch] keine Hinweise finden« (Becker 2006, S. 135). Genauso wenig wie der Umkehrschluss begründet wird, beide Hirnhälften müssten symmetrisch sein, damit es mit dem Lernen wirklich klappt. Aus neurowissenschaftlicher Sicht gibt es zwischen den Regionen innerhalb einer Hemisphäre oft größere Unterschiede, als zwischen den Hemisphären. Zudem ist es nicht möglich, dass Funktionen bestimmter Zentren in einer Hemisphäre von der anderen mitgemacht würden oder gar von einer an eine andere Stelle wandern. Insgesamt arbeitet »kein Teil des Nervensystems [. . .] isoliert in gleicher Weise wie im Verbund mit den anderen« (Kandel/Schwartz/Jessel 1996, S. 368). So ge-

sehen fordern die Ratgeber »etwas, das ohnehin existiert: Die Zusammenarbeit mehrerer Gehirnregionen« (BECKER 2009, S. 136).

2.2 Nicht genutzte Hirnkapazitäten

Was verschiedene Sekten (bspw. Scientology) schon lange als Fundament ihres Lehrgebäudes zugrunde legen, ist die Vorstellung, das menschliche Gehirn werde in seinen eigentlichen Kapazitäten nur rudimentär benutzt. Gelänge es, die restlichen Möglichkeiten zu aktivieren, so könne man neue Bewusstseinsstufen – oder gar die Erleuchtung – erreichen. Neu ist im Rahmen vieler pädagogischer Ratgeber der Verweis auf angebliche Erkenntnisse im Rahmen der Neurowissenschaften, um durch »hirngerechtes« Lernen bzw. Lehren die Effektivität steigern zu können. Die zugrunde liegende Behauptung ist, dass mit klassischen Methoden der Vermittlung und Pädagogik – was auch immer im Einzelnen damit gemeint ist – die Kapazitäten des Gehirns nicht ausgeschöpft würden. Um mehr aus seinem Gehirn – also nicht etwa aus sich – zu machen, solle man vom »Gehirnbesitzer zum Gehirnnutzer« werden (so der suggestive Titel von VERA BIRKENBIHL, [46] 2006). Um also effektiver zu lernen oder besser zu verstehen, gibt es Gehirnjogging (mit der Metapher des Gehirns als Muskel), um das Gehirn in Hochform zu bringen. Der schlechten Nutzung könne man abhelfen, indem man – wie in einem normalen Fitnessstudio – sein Gehirn regelmäßig trainiere und dadurch aktiviere. »Es geht demnach um eine Steigerung der Effektivität durch erhöhte Beanspruchung vernachlässigter Hirnregionen« (BECKER 2006, S. 152). Und das auf allen Kanälen bzw. mit allen Sinnen, also am besten nicht nur visuell und auditiv, sondern auch haptisch. Einprägen und Speichern sind hier die – technisch verstandenen – Schlüsselwörter. Lernen wird dabei mit Gedächtnisleistung im Sinne eines großen Speichers gleichgesetzt – »unabhängig vom Verständnis des Inhalts« (LOOSS 2001, S. 9). Die einzige Differenzierung, die erfolgt, ist die in Ultrakurzzeit-, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis. Weitere Unterscheidungen, beispielsweise nach Wissensarten, gibt es im Regelfall nicht. Die Phantasie der Nutzung aller Kapazitäten des Gehirns, die sich über eine möglichst starke Aktivierung aller Hirnregionen erreichen lassen soll, zeichnet dann ein müheloses Lernen aus, das auch keinerlei Wiederholungen bedarf.
Das menschliche Gehirn ist ein energetisch äußerst intensives Organ, das bei lediglich zwei Prozent des Körpergewichts zwischen 20 und 25 Prozent des Energieumsatzes benötigt. Weiter beansprucht es gut 50 Prozent der täglich mit der Nahrung aufgenommenen Kohlenhydrate und nimmt unter Normalbedingungen bis zu 66 Prozent der Glucosemenge auf. »Kommt noch eine Stressbelastung hinzu, entzieht das Gehirn dem Blut sogar fast 90 Prozent dieses Energieträgers« (STANGL-TALLER 2009). Der Nähr- und Sauerstoffverbrauch ist also nicht unerheblich und bei einem so kostspieligen Luxus stellt sich natürlich die Frage, warum der menschliche Organismus derart viel

Energie aufwenden sollte, um dann große Teile »brachliegen« zu lassen. Das wäre nicht nur aus evolutionsbiologischer Sicht ein Widerspruch. Darauf, dass irgendwelche Hirnregionen völlig brachliegen würden, gibt es denn auch von Seiten der Neurowissenschaften keinen Hinweis. Das Gehirn funktioniert eben nicht wie ein Muskel. Die Annahme, dass eine effiziente Nutzung des Gehirns (beispielsweise in Form des Lernens) durch die gleichzeitige Aktivierung vieler Hirnareale – und damit einen erhöhten Energieumsatz – möglich ist, geht also in eine völlig falsche Richtung. Verschiedene neurowissenschaftliche Untersuchungen zur Aktivierung der unterschiedlichen Hirnregionen beim Lösen verschiedener Aufgaben lassen Rückschlüsse über Aspekte des Energieumsatzes zu (BECKER 2006 und 2009). Gegenüber den Konzeptionen der pädagogischen Ratgeber, die eine Aktivierung des Gehirns erreichen wollen, was sich in einem vermehrten Energieumsatz zeigen müsste, zeigt sich das Gegenteil: dass geübte Personen weniger Energie verbrauchen als ungeübte. D. h. dass, wenn man etwas erlernt hat, dies zu einem sparsameren Energieverbrauch führt. Das Gegenteil der Nutzung aller Kapazitäten ist neurowissenschaftlich richtig und wird als »neuronale Effizienz« bezeichnet (EducETH 2009 a, Neuromythos 3). Das Wissen wird hier besser organisiert. Noch etwas kann man damit aufzeigen: Geistige Arbeit ist eben nicht nur sprichwörtlich Arbeit – sie zeigt sich auch in einem höheren energetischen Umsatz bzw. Stoffwechsel des Gehirns. »Energetisch aufwendige Zustände – und hierzu gehört Lernen – sind zugleich diejenigen, die der eigenen Empfindung nach ›anstrengend‹ sind« (BECKER 2006, S. 160). Durch Übung erreicht man sicher einen effizienteren Umgang bei den gleichen sich entsprechenden Aufgabenstellungen – und bestätigt die alltägliche Erfahrung, dass das erstmalige Lösen von Problemen oder Bewältigen von Aufgaben anstrengender ist, als die gleiche Aufgabe zum wiederholten Male anzugehen. Aber man kann diese Übungseffizienz nicht einfach auf andere Denkprozesse und die vielschichtigen Lernformen übertragen.

2.3 Lerntypen und Zuordnungstests

Aufbauend auf die nicht genutzten Hirnkapazitäten hat zwar die Nutzung aller Sinneskanäle absoluten Vorrang, dennoch wird bei vielen Ratgebern insofern unterschieden, als sie davon ausgehen, dass jeder Mensch bestimmte Lern- und Aufnahmepräferenzen habe (BECKER 2006). So gäbe es abstrakte Typen, Fühltypen, Motoriker oder visuelle Typen von Menschen und deren Lernmöglichhkeiten. Praktischerweise liefern die meisten Ratgeber gleich Einstufungstests zur Ermittlung des Lerntyps mit. Doch diese Lerntypentests sind »alles andere als zuverlässig: Führt man drei verschiedene Tests durch, so kann es passieren, dass man in einem ein ›haptischer‹, im nächsten ein ›auditiver‹ und im übernächsten ein ›intellektueller Lerntyp‹ ist« (BECKER 2009, S. 76). Für die meisten Überlegungen zu den verschiedenen Lerntypen stand

Frederic Vester mit seinem Klassiker »Denken, Lernen, Vergessen« ([5]1980, S. 41 f) Pate. In diesem Buch postulierte er bereits 1978, als Theorie einer Lernbiologie, dass verschiedene Typen von Lernern verschiedene Kanäle bevorzugen würden (auditiv, visuell, haptisch, verbal-abstrakt). Diese idealtypischen Beschreibungen wären jedoch real immer in Mischformen anzutreffen (beispielsweise als audio-visueller Typ). Diese Typisierung wird seither von vielen Pädagogen im deutschsprachigen Raum und mittlerweile unter Rekurs auf Ergebnisse der Hirnforschung rezipiert, obwohl sie wissenschaftlich so nicht haltbar ist (Looss 2001 u. 2003). Viele Ratgeber lassen sich oft von der naiven Vorstellung leiten, die Informationen der einzelnen Sinnesorgane würden, je nach Lerntyp, direkt in das Langzeitgedächtnis überführt werden (können). In den Worten von Frederic Vester ([5]1980, S. 42): »Je mehr Arten der Erklärung angeboten werden, je mehr Kanäle der Wahrnehmung benutzt werden [. . .] desto fester wird das Wissen gespeichert«.
In der neurowissenschaftlichen Literatur sucht man Lerntypen vergeblich (Becker 2006). Die aus der Psychologie bekannten Lernstile beziehen sich eher auf personenspezifische Formen, Probleme zu lösen (Looss 2001). Das Verstehen von Phänomenen oder das Erfassen abstrakter Gegebenheiten kann man einfach nicht durch ein haptisches Ereignis ersetzen. Etwas überzogen: Das Anfassen von Hegels Logik als Buch leistet keinerlei Beitrag dazu, seine Ausführungen auch zu verstehen. Vor der intellektuellen Leistung des Lesens, Diskutierens und eigenen Erarbeitens kann man sich in diesem Fall nicht drücken. »Es gibt nicht die Alternative, eine Sache abstrakt zu erfassen oder zu ertasten« (Looss 2001, S. 3). Neurowissenschaftlich belegbar ist ohnehin nur, dass sich durch Übung beim Tastsinn bestimmte synaptische Verbindungen stärker herausbilden oder bei bestimmten kognitiven Leistungen bestimmte Hirnareale eine größere Synapsendichte aufweisen. Über die Schwere oder Leichtigkeit des Lernens ist dadurch jedoch wiederum nichts ausgesagt. Bezüglich der synaptischen Verbindungen ist nicht der Sinneskanal entscheidend, sondern der Bezug zum Vorwissen (Franz 2009). Welche Relevanz hätten die postulierten Lerntypen? Entgegen einer behavioristischen Lernauffassung kann nicht automatisch durch die richtige Art des Inputs der richtige Output – im Sinne eines erwünschten Lerninhalts – erzeugt werden. Man kann schon gar nicht potenziell jedem Menschen jederzeit alles beibringen, wie es beispielsweise Birkenbihl ([46]2006) mit Ihrer Aussage, dass 95 Prozent der Probleme in Bezug auf Gedächtnis und Lernen am System lägen (S. 14), und Pauken kontraproduktiv sein müsse (S. 13), nahelegt. Abgesehen von einem »tiefen Erziehungs- bzw. Belehrungsoptimismus« (Becker 2006, S. 67) behavioristischer Auffassungen ist das Lernen sehr viel komplexer, als in den meisten Ratgebern dargestellt wird. Die einzelnen Ratschläge lassen sich vor allem nicht auf die Ergebnisse der Neurowissenschaften zurückführen. So stellt sich auch ein Lernerfolg nach praktisch angegangenen Experimenten erst dann ein, wenn denkerisch die richtigen Schlussfolgerungen gezogen wurden. Und das bleibt immer ein kognitiv-abstrakter Akt.

2.4 Das »Fühl Dich gut und Du lernst leichter«-Syndrom

Intensive persönliche Erlebnisse werden in der Regel anders erinnert als klassische Lerninhalte. Selbst wenn ein Ereignis nur einmal vorkommt – mit der entsprechend starken positiven oder negativen Emotion gekoppelt prägt es sich zum Teil unauslöschlich ins biografische Gedächtnis ein. Insofern ist es kein Wunder, dass alle Ratgeber zu hirngerechtem Lernen und Lehren die Rolle von Gefühlen betonen. »Ein möglichst entspanntes, angenehmes Lernklima soll zu mehr Freude beim Lernen beitragen und eine größere Freude am Lernen soll wiederum die Lerneffizienz erhöhen« (Becker 2006, S. 138). Negative Gefühle, insbesondere Ängste, werden dagegen als Grund für Lernblockaden, beispielsweise durch induziertes Fluchtverhalten, ausgemacht. In diesem Zusammenhang wird oft auf die evolutionsbiologische Ebene und den hirnanatomischen Aufbau verwiesen. Gefühle beruhen nach dieser Lesart auf den älteren Teilen des Gehirns (beispielsweise dem Hirnstamm). Zudem sei das Gehirn hierarchisch aufgebaut. Das reine Alter gilt als Grund, warum die älteren Gehirnanteile die neueren, rationalen Denkprozesse der hirngeschichtlich jüngeren Regionen, wie den Neocortex, überlagern können. Oft kommt es im Zusammenhang mit Gedächtnisprozessen auch zum Verweis auf das limbische System. Die nach Meinung der Autoren unbewussten Anteile am Lernen sollen ebenfalls emotional gezielt für Lehr-/Lernprozesse genutzt werden. Bei manchen ist das Bewusstsein sogar hinderlich beim leichten Lernen. Im Rahmen suggestopädischer Ansätze beispielsweise soll entspannende Musik im Hintergrund eine lernfreundliche Atmosphäre herstellen. Bei den Ratgebern zu hirngerechtem Lernen – und nicht nur da – kommt es dabei zu einer hochproblematischen Überbetonung der positiven Gefühle. Nicht nur in dem Sinne, dass alleine das Konzentrieren auf eine lockere Lernumgebung zu kurz greift, sondern vor allem in der Vernachlässigung der notwendigen negativen Gefühle, die ebenfalls – und zwar außerordentlich viele – Lernprozesse (positiv) begleiten, wie man nicht nur an der Diskussion um Erinnerungsarbeit und das erinnernde Lernen belegen kann.
»Der Mensch ist das emotionalste und das rationalste Lebewesen« (Goller 1995, S. 30). Emotionen sind lange Zeit in den Lerntheorien überhaupt vernachlässigt worden. Welche Rolle sie in Gedächtnisprozessen spielen, ist erst seit kürzerer Zeit ein zentrales Thema der Neurowissenschaften. Doch wie die Interaktion zwischen Kognition und Emotion im Detail abläuft, darüber ist neurowissenschaftlich bisher noch wenig bekannt (Roth 1997). Unabhängig davon gab es jedoch schon lange Hinweise auf die wichtige Rolle von Gefühlen im Rahmen von Lernprozessen. »Es ist in diesem Zusammenhang ganz entscheidend zu beachten, dass alle Aussagen über die Funktion emotionaler

Zustände für das Lernen ausschließlich auf psychologischen Untersuchungen menschlichen Verhaltens beruhen und dass sich die Neurowissenschaften mit der nachgeordneten Frage beschäftigen, welche Zustände des Gehirns diesen geistigen Zuständen entsprechen« (STERN/SCHUMACHER 2008, S. 23). Hier hat sich ein relativ deutlicher Wandel der Sichtweise ergeben. Als nicht haltbar hat sich beispielsweise gezeigt, dass es evolutionär jüngere (Neocortex) und ältere (limbisches System) Hirnregionen gibt, die parallel und vor allem relativ unabhängig voneinander arbeiten. Läsionsstudien zeigen hier ebenfalls einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Rolle von Gefühlen und der Handlungsplanung sowie Entscheidungsfindung: Bei einer Zerstörung der Verbindung zwischen »emotions-vermittelnden« und »rationalen« Zentren (BECKER 2006, S. 142) können Menschen keine adäquaten Entscheidungen mehr treffen. Aus den vielen Untersuchungen kann man jedoch »weder schließen, dass positive Begleitumstände immer ein besseres Einspeichern ermöglichen, noch, dass ausschließlich positive Erlebnisse besser erinnert würden« (BECKER 2006, S. 144). In anderen Worten: Was ein jeweils guter emotionaler Umstand bezüglich des Lernens ist, kann nicht von vornherein definiert werden. Auf jeden Fall ist es nicht nur eine Frage reiner Glücksgefühle oder, etwas neutraler, rein positiver Emotionen. Emotionale Sicherheit beim Lernen ist etwas anderes als die zum Teil absurde Überbetonung, sich bei jedem Lernprozess gut fühlen zu müssen. Und der Spaß am Unterricht kann nicht »das manchmal recht mühsame Nachdenken ersetzen« (Looss 2001, S. 8). Das gilt vor allem für eine bestimmte Form des biografischen Lernens: Die Selbsterkenntnis. Hier dürfte es oft so sein, dass die unangenehmste und schmerzhafteste Aufarbeitung in Bezug auf die eigene Persönlichkeit den größten Erkenntnisgewinn bringt.

2.5 Wider einen mereologischen Trugschluss

Bezüglich einer direkten Ableitung von Ratschlägen aus neurowissenschaftlichen Befunden muss zunächst noch einmal die Basis geklärt werden: dass sich die Neurowissenschaften vor allem mit Wahrnehmung aufgrund von Reizverarbeitung und der Organisation der nervlichen Grundlagen hierfür beschäftigen. Zunächst sei noch einmal an den physiologischen Prozess, beispielsweise beim Sehen, erinnert: Über die Sinnesrezeptoren bzw. -zellen erfolgt ein erster Kontakt mit einem Reiz als physikalischem Ereignis. Ein Lebewesen sieht beispielsweise mittels seiner Augen. Aber nicht die untergeordnete Einheit, wie etwa das Auge, sieht oder nimmt wahr. Dieses nimmt »nur« optische Reize auf und leitet diese über die neuronalen Netzwerke an die entsprechenden Hirnareale weiter. Beim Auge reagieren die Rezeptoren (Stäbchen und Zapfen) auf das einfallende Licht und wandeln diesen Stimulus in ein Strahlungsmuster um. Die neuronale Übertragung geschieht dadurch, dass entweder ein Aktionspotenzial aufgebaut (Aktivierung) oder abgebaut

wird (Inhibierung). Die Abfolge von Aktionspotenzialen ergibt ein spezifisches Muster, das enorme Variationen ermöglicht und beinhaltet. Um aus diesen zunächst neutralen Reizen und ihrer Modulierung bzw. Übertragung Informationen zu erhalten – oder gar eine Kommunikation abzuleiten – muss noch viel geschehen. Diese nachfolgenden komplexen Verarbeitungsprozesse sind zum Teil noch nicht erforscht oder gänzlich unbekannt. Einigkeit besteht lediglich darin, dass diese Prozesse nicht zentralisiert sind, sondern über verschiedene lokale Zentren des Gehirns zu einer einheitlichen Wahrnehmung des Lebewesens (vor allem der Menschen) insgesamt führen. Insofern ist Wahrnehmung als komplexes Geschehen selbstverständlich an die neuronale Architektur rückgebunden.

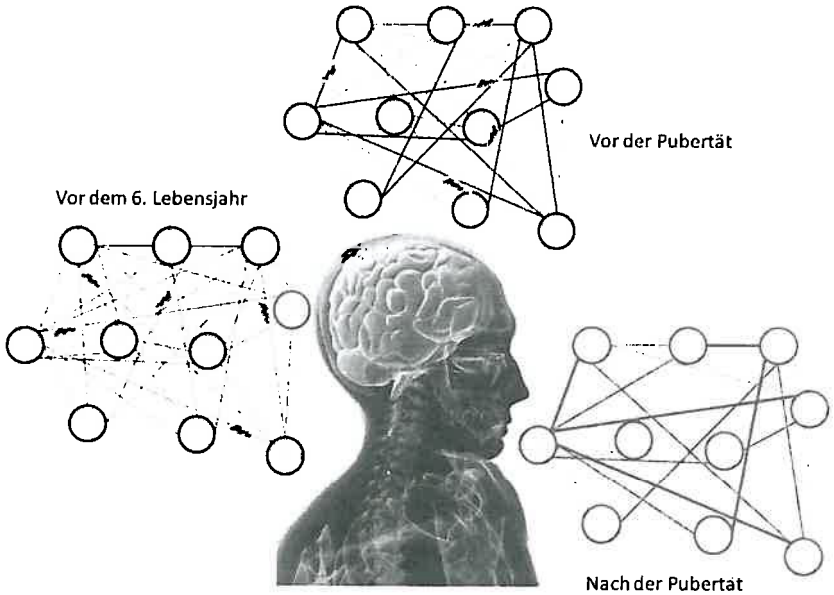
Nur wenn man sich vor allzu naiven und einfachen Übertragungen hütet, können die Ergebnisse der Neurowissenschaften gewinnbringend verarbeitet werden. Das heißt, die entsprechenden neurowissenschaftlichen Fachtermini sind zunächst in ihrem jeweiligen Kontext zu sehen und es ist zu überprüfen, wie sie daraus in ein pädagogisches Konzept überführt werden können. Das gilt gerade für eine fachfremde oder interdisziplinäre Aneignung des Stoffes. An einem Beispiel soll dies verdeutlicht werden: Wenn manche Hirnforscher, Neurowissenschaftler – oder auch Pädagogen – davon reden, dass das Gehirn denkt oder etwas tut, so ist dies eine nicht gerechtfertigte Übertragung alltagssprachlicher Bedeutungen in den neurowissenschaftlichen Kontext. Richtig formuliert müsste es heißen, dass der Mensch mittels seines Gehirns denkt und lernen kann. Ein Ausdruck wie Wahrnehmung stellt nur für das gesamte Lebewesen eine sinnvolle Aussage dar. »Der Irrtum von Neurowissenschaftlern, Bestandteilen von Lebewesen Attribute zuzuschreiben, die logisch nur dem gesamten Lebewesen zukommen, nennen wir ›den mereologischen Trugschluss‹ in den Neurowissenschaften« (BENNETT/HACKER 2009, S. 73, eigene Übersetzung). Um die Problemstellung bezüglich der neurowissenschaftlichen Literatur zu erweitern, kann man ganz allgemein davon ausgehen, dass es nicht zulässig ist, spezifischen menschlichen Körperteilen oder Funktionseinheiten all diejenigen Eigenschaften zuzuschreiben, die Menschen nur als Personen zu leisten in der Lage sind. Dies passiert jedoch vielfach in der neurowissenschaftlichen Debatte bzw. in vielen Versuchen, die Ergebnisse der empirischen Befunde direkt in pädagogische Anleitungen umzusetzen. Aber auch im Allgemeinen wird sprachlich nicht sauber gearbeitet, wie folgende Aussage hoffentlich zu illustrieren vermag: »Unser Gehirn erschließt sich nicht nur die Außenwelt, unser zentrales Nervensystem ›kommuniziert‹ vor allem mit sich selber. Denken, Lernen und Vergessen sind vor allem ›innere Monologe‹, selbst gesteuerte Interaktionen zwischen neuronalen Netzen« (SIEBERT 2001, S. 11).

2.6 Es gibt keinen Kindheitsdeterminismus

Erstaunlich hartnäckig hält sich gerade in populären neurowissenschaftlichen Veröffentlichungen die deterministische These der »kritischen« Zeitfenster als neuralgische Punkte des gesamten Lernpotenzials von Menschen (Bruer 2003). Dabei soll bereits sehr früh die Weichenstellung erfolgen, welche neuronalen Muster gebildet werden. In einer sprachlich naiven Art wird, über die Metapher der »Verdrahtung« oder »Verschaltung«, vonseiten einiger Neurowissenschaftler und vieler Pädagogen unterstellt, dass sich in den frühen Jahren entscheidet, welche »neuronale Hardware« angelegt wird. »Bereits bei Teenagern liegt die Plastizität des Kortex deutlich unter der von Zehnjährigen« (Spitzer 2003, S. 2). Das Ausfüllen der Zeitfenster wiederum soll die entscheidende Wende darstellen, wie sich der Erwachsene später kognitiv, sensorisch und emotional bewege – welches Wissen er sich also künftig aneignen kann. Dass sich die neuronalen Strukturen so wie beschrieben entwickeln, sagt aber zunächst noch nichts darüber aus, ob sie zu diesen spezifischen Zeitpunkten über bewusste Lernprozesse und Wissensvermittlung steuerbar sind. Bezüglich kritischer Phasen weist Bruer sehr überzeugend darauf hin, dass es sich höchstwahrscheinlich nur dergestalt um sensible Zeitfenster handelt, als in diesem Rahmen elementare Eigenschaften »die für das Überleben und eine erfolgreiche Fortpflanzung notwendig sind« davon betroffen sind. Sie sind evolutionär deshalb sinnvoll, weil sie von Stimuli abhängen, die unter normalen Bedingungen in jedem Fall in menschlichen Umwelten vorkommen. Gleichzeitig gewährleistet diese Entwicklung die Offenheit des menschlichen Lernens bzw. die Plastizität des Gehirns (Prägung durch Erfahrung). Deshalb dürften erst »abnorme Erfahrungen« und Verhaltensweisen während »einer kritischen Phase zu permanenten, abnormen und nonadaptiven Folgen führen, die durch keine noch so intensive normale Erfahrung späterhin korrigiert werden können« (Bruer 2003, S. 137). Kritische Phasen gibt es ohnehin nur bezüglich spezifischer und beschränkter Aspekte des Lernens. »Der weitaus größte Teil des Lernens unterliegt keinen solchen Zwängen« (a. a. O., S. 133).

Abb. 6: Mit dieser Grafik soll gezeigt werden, dass die neuronale Plastizität bereits nach der Pubertät sehr viel geringer ist als beispielsweise vor dem 6. Lebensjahr. Inwiefern man jedoch davon ausgehen kann, dass in den ersten Jahren der Kindheit die »neuronale Hardware« gezielt beeinflussbar ist oder gar die Grundlagen für das ganze Leben determiniert werden, bleibt weiteren Forschungen vorbehalten. Kritisch dazu vor allem Bruer (2003): »Abgesehen von den Folgen schwerer Vernachlässigung kann die Neurowissenschaft uns derzeit nicht sagen, ob wir die Hirnentwicklung in der frühen Phase der exuberanten, also überbordenden Synapsenbildung beeinflussen können – geschweige denn wie« (S. 33).
Die Regulation der Effektivität synaptischer Verbindungen erfolgt ein Leben lang und wird durch Lernen und Erfahrungen bestimmt. Sie hängt vor allem nicht alleine von der puren Anzahl oder Vielzahl der synaptischen Verbindungen ab. Das Gehirn bleibt da-

durch im Grunde das ganze Leben hindurch ein außergewöhnlich anpassungsfähiges und plastisches Lerninstrument. So kann selbst bei Personen über 60 Jahren gezeigt werden, dass sich beispielsweise der somatosensorische Cortex beim späten Erlernen der Blindensprache »dramatisch« vergrößert – und den Lernerfolg widerspiegelt (Alheit 2006).



Quellen: Bruer 2003 und Franz 2009

2.7 Epistemische Übertragungsprobleme

Erkenntnisse der neurowissenschaftlichen Forschungsstände, die ja meist explizit als Ausgangspunkt oder Hintergrund der jeweiligen Theorien benannt werden, sind in der Ratgeberliteratur als Quellen oder als Bezugspunkte schwer oder gar nicht zu finden. Dies zieht sich konsequent bis hin zu den stattfindenden Veranstaltungen durch. »Seltsamerweise sprach in der Konferenz nur eine einzige Neurowissenschaftlerin« (Bruer 2003, S. 13). Oft verweisen gerade die Autoren der Ratgeberliteratur auf andere Ratgeber oder jeweils ausgemachte Koryphäen auf dem Gebiet, die dieses auch schon konstatiert hätten. Oder auf sich selbst, wie beispielsweise Birkenbihl in fast penetranter Form ([46]2006). So wird z. B. unverhältnismäßig oft auf die Werke von Frederic Vester verwiesen, dessen Erkenntnisse – und durchaus zu schätzenden Bemühungen einer Übertragung – nach heutigem Kenntnisstand überholt sind. »Auf sprachlicher Ebene unterscheiden sich Ratgeber von wis-

senschaftlichen Publikationen vor allem durch den hohen Anteil an Ich-Botschaften und Meinungen, die zur Generierung bestimmter Einstellungen beim Leser beitragen sollen« (BECKER 2006, S. 101). Aber auch durch viele unbelegte positive Wirkungsannahmen in einem direkten kausalen Verhältnis. Obwohl die Argumentationen mitunter recht plausibel klingen, wird doch in der Regel nach dem Schema argumentiert, für ein bestimmtes Problem eine bekannte Lösung parat zu haben. Dabei gibt es den Grundtenor, dass alle pädagogischen Probleme daher rühren, die »Natur« des Kindes – oder später des natürlichen Lernens – nicht adäquat berücksichtigt zu haben. Eine Lösung besteht genau deshalb in einem Zurück zur Natur, im Sinne der vermeintlich neurowissenschaftlich erforschten Natur des Gehirns.

Ein weiteres Problem in diesem Zusammenhang ist, dass nicht einfach die Ergebnisse von Tierversuchen, die an vielen Stellen das empirische Material liefern, auf das typisch menschliche Verhalten und Lernen übertragen werden können. Dies betrifft vor allem die *verschiedenen Lernformen*, die Menschen auszeichnen, gegenüber der normalerweise in Versuchen angewandten spezifischen Lernform der Konditionierung. Auch hierzu ein Beispiel: Empirische Aussagen zum Thema Lernen werden auch durch Versuche an Mäusen oder Ratten gewonnen. Es kann gezeigt werden, dass Mäuse bei einer bestimmten Art des Lernens, nämlich dem Vermeidungslernen, das klassisch konditioniert erfolgt, den Neurotransmitter Dopamin ausschütten. Dopamin gilt im Volksmund als Glückshormon, das bei einem intensiven Erleben ausgeschüttet wird und eine Art innere Belohnung darstellt. Nun leitet SCHEICH (2003) daraus beispielsweise die These ab, dass »Kinder individuell zu Erfolgserlebnissen gebracht werden« müssen (S. 2). Wie absurd ein solcher »pädagogischer Fehlschluss« ist, sei noch einmal verdeutlicht:

- Wie das ausgeschüttete Dopamin tatsächlich wirkt, bestimmt allein der Rezeptor des empfangenden Neurons. Dies kann sich bei Menschen gegenüber Mäusen drastisch unterscheiden. Ob also »die interne Belohnung durch Dopamin ein fundamentaler Motivationsmechanismus beim Lernen und Problemlösen ist« (S. 2) müsste für Menschen eigens gezeigt werden.
- Eine problemlose Übertragbarkeit der Versuchsanordnung dennoch vorausgesetzt ließe sich nur feststellen, dass beim erfolgreichen Vermeiden unangenehmer Lernsituationen bei den lernenden Menschen ebenfalls Dopamin freigesetzt würde.
- »Er schließt aus Versuchen zum Erlernen von *Vermeidungsstrategien bei Mäusen* auf die *Bedeutung von Lernerfolgen bei Schülern* und ›vergleicht‹ damit zwei völlig unterschiedliche Phänomene« (BECKER 2006, S. 95 f).

»Von der unbestreitbaren Kompetenz der Neurophysiologie hinsichtlich der Diagnose und Erklärung pathologischer Fälle darf [. . .] nicht vorschnell darauf geschlossen werden, dass ihr damit die gleichen Kompetenzen auch für die Gestaltung von Lerngelegenheiten im normalen Schulunterricht zu-

kommen« (SCHUMACHER 2006, S. 176). Die Neurowissenschaften bestätigen viele pädagogische Beobachtungen, die es schon weit vorher gab (FRANZ 2009). Letzte Bezugseinheit beim Lernen ist jedoch nicht das Gehirn, sondern bleibt das gesamte Individuum bzw. die handelnde Person. Die Beschreibung neuronaler Prozesse alleine genügt also nicht, aus neurowissenschaftlichen Ergebnissen direkte Aussagen über die Gestaltung von Lehr-/Lernprozessen im Normalbetrieb abzuleiten. Gegebene oder zu erfüllende gehirnphysiologische Zustände lassen alleine noch keine Aussage darüber zu, welche Fördermöglichkeiten es diesbezüglich gibt. Sie berücksichtigen zudem die kontextuellen Faktoren, die beispielsweise einen Großteil des formalen Lernens ausmachen, nicht. Die Beschreibung gehirnphysiologischer Zustände ist mindestens in diesem Sinn prinzipiell unterbestimmt (a. a. O.: S. 177). Dieses Beispiel weist zugleich auf ein generelles Problem hin: »Neurowissenschaftliche Experimente lassen Aussagen über einen Ist-Zustand zu, erklären aber nicht, wie man diesen Zustand erreicht« (BECKER 2009, S. 75).

3. Wir lernen ein Leben lang – aber anders

> »Mit am eindrucksvollsten ist seine [die des Gehirns] enorme Adaptions- und Lernfähigkeit, die – und das ist wohl der überraschendste Punkt – zwar mit dem Alter abnimmt, aber bei weitem nicht so stark wie vermutet« (Gehirn & Geist 2004, S. 33).

Wie bei allen Primaten entwickeln sich Neurone beim Menschen im Laufe der Zeit (vgl. zum Folgenden vor allem BRUER 2003, S. 87 ff.). Dieser Entwicklungsprozess beginnt bereits sehr früh in der Schwangerschaft (etwa 42 Tage nach der Empfängnis) und ist beim Menschen spätestens vier Monate vor der Geburt abgeschlossen. D. h. allgemein, dass das Gehirn von Primaten bei der Geburt bereits über alle Nervenzellen, die es je haben wird (außer in wenigen Arealen wie z. B. dem Hippocampus) verfügt. Nach der Geburt gibt es eine Phase der schnellen Synapsenbildung, die sich so darstellt: Bei der Geburt gibt es ungefähr die gleichen synaptischen Dichten der verschiedenen Hirnbereiche wie im Erwachsenenalter. Im weiteren Verlauf folgt eine, je nach Hirnregion unterschiedlich verlaufende, Phase »überbordender« Synapsenbildung, die sich zeitweilig auf einem hohen Niveau stabilisiert. »Die Synapsenbildung, die mit der Pubertät einsetzt, senkt die Dichten auf das Erwachsenenniveau ab« (a. a. O., S. 102). BRUER spricht hier von einem »umgedrehten U« der Synapsenentwicklung. Neuronale Verknüpfungen werden also während der weiteren Entwicklung in deutlich höherem Umfang angelegt, als letztendlich bis zum erwachsenen Menschen übrig bleiben. Diese Entwicklung ist weitgehend genetisch gesteuert. Von der redundanten Anlage übrig bleiben

die Verbindungen, die zu den richtigen Zielen im Gehirn eine Verknüpfung aufbauen sowie diejenigen mit starken synaptischen Gewichtungen.
Dieser Entwicklung folgen die Lernfähigkeiten oder die Herausbildung der allgemeinen intellektuellen Fähigkeiten von Menschen jedoch *nicht*. Erwachsene sind hinsichtlich jedes denkbaren Kriteriums intelligenter als Kinder. Sie haben flexiblere Verhaltensmöglichkeiten als Neugeborene oder Kleinkinder sowie anspruchsvolle Lern- oder abstrakte Denkfähigkeiten, die diese nicht aufweisen. Jugendliche nehmen in und nach der Pubertät, also der Phase massiven Synapsenabbaus, intellektuell eine neue Stufe ihres Lebens ein: Sie werden fähig zu moralischen Urteilen (Oerter/Montada [2]1987) und dazu, komplexe Wissensinhalte zu lernen und zu meistern. Die Vermutung ist deshalb naheliegend, dass mit der jeweiligen Hochphase der Synapsenbildung lediglich spezifische Fähigkeiten erstmals zur Verfügung stehen, die dann im Lebenslauf weiter vervollkommnet werden können. Die mit der höchsten synaptischen Dichte »verbundenen Fähigkeiten und Verhaltensweisen« treten quasi »in einer ersten, elementaren Form« auf (a. a. O., S. 120). Dies tun sie wiederum unabhängig von einer Über- oder Unterstimulierung. Insgesamt scheint, nach Bruer, der synaptische Verlust für die weitere Hirnentwicklung nicht nur normal, sondern sogar von »fundamentaler Bedeutung« zu sein. Es liegt hier auch evolutionsbiologisch, im Sinne einer kompetitiven neuronalen und synaptischen Entwicklung, nahe, dass die Eliminierung synaptischer Verbindungen ebenso selektiv, konstruktiv und bedeutsam für Lehr- und Lernprozesse ist, wie die Bildung synaptischer Verbindungen. Eine solche Schlussfolgerung lässt sich mit den derzeitigen neurowissenschaftlichen Ergebnissen jedenfalls gut begründen. In Bezug auf das Lernen im Lebenslauf lässt sich feststellen, das sich vor allem die Art des Lernens verändert: vom assoziierenden zum verstehenden und schließlich schlussfolgernden Lernen.
»Nach dem derzeitigen Wissensstand gibt es keine einfache Struktur und auch keinen Königsweg der Förderung effizienten Lernens und Denkens« (Looss 2001, S. 12). Und das gilt für alle Altersstufen. Es ist deshalb nicht so, dass sich Erwachsene automatisch schwerer beim Lernen tun. Im Gegenteil: Im mathematisch naturwissenschaftlichen Bereich beispielsweise lernen Kinder sehr viel schwerer als Erwachsene. Der Grund ist der gleiche, wie schon erörtert: Erwachsene und Ältere bringen zum einen ein ganz anderes Vorwissen mit, an das sie anknüpfen können. Zum anderen aber handelt es sich um nicht privilegierte und kulturell eingeübte Lernvorgänge, die erst ab gewissen Altersstufen tatsächlich vollzogen werden können. Erwachsene tun sich immer dann schwerer, wenn Sie Erlerntes mitbringen und umlernen müssen. Insofern stimmt auch der Satz, »Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr« nicht. Ältere Menschen lernen zwar in der Regel trotzdem in Bezug auf bestimmte Inhalte langsamer, aber sie haben bezüglich des Lernens im Grunde einen Vorteil. Dieser kommt jedoch nur zum Tragen, wenn das Vorwissen gezielt zum neuen Wissenserwerb genutzt wird. Die Neurowissenschaften

bestätigen auch hier die lernpsychologischen Erfahrungen, dass es für alte Menschen kein prinzipielles Problem darstellt, zu lernen. Wie gut man dies im Alter tun kann hängt nicht von den Voraussetzungen des Gehirns oder neuronaler »Verschaltungen« ab, sondern von der körperlichen Verfasstheit allgemein und vor allem einer ständigen Übung. In keinem Fall kann von einem generellen Funktionsverlust des Lernens im Alter ausgegangen werden. Abhängig vom Gesundheitszustand bleibt die Fähigkeit zu lernen bis ins hohe und höchste Alter erhalten. Was sich über das Pruning auf neuronaler Ebene vollzieht ist überdies für das Lernen im Lebenslauf und mit zunehmendem Alter eine zentrale Komponente: Es ist die Möglichkeit des Verlernens. Übrigens ein in den meisten Lerntheorien unterbelichteter, aber gleichwohl zentraler Vorgang. Erst die Möglichkeit des – zum Teil gezielten – Verlernens rundet die Fähigkeit des Lernens beim Menschen ab.

4. Lernen als Sinn- und Re-Konstruktion

> »Allein auf die Fähigkeit, Namen, Daten, Fakten auswendig zu lernen und reproduzieren zu können, mag die Lerntypentheorie – was akustische und optische Wahrnehmung betrifft – zutreffen – dabei gibt es nichts zu begreifen und – auch nichts zu erfühlen. Wie auch sämtliche Mnemotechniken dem puren Memorieren dienen, ohne überhaupt einen Begriff vom Inhalt des Gegenstandes haben zu müssen« (Looss 2001, S. 3).

Es stellt sich die Frage, ob die in Kapitel 1.1 beschriebenen Regeln und Mechanismen künstlicher und natürlicher neuronaler Netzwerke, die ja die kognitiven Funktionen allgemein erklären sollen, für alle Arten menschlichen Lernens und Denkens gelten. Es würde beispielsweise in der Mathematik wenig Sinn machen zu sagen, dass nach der Erfahrung (oder den Inputmustern) 2 + 2 ähnlich 4 ist. Mathematische Regeln gelten und sind sicher – oder eben falsch. Analoges gilt für die Logik und viele naturwissenschaftliche Erkenntnisse. Dies würde aber implizieren, dass für diese besonderen Arten des Denkens und Lernens innerhalb neuronaler Netzwerke ein System implementiert ist, das die Verarbeitung von Algorithmen zulässt bzw. voraussetzt. Ganz allgemein macht die Rekombinationsfähigkeit von Symbolen, mit denen wir täglich arbeiten und kommunizieren, einen gewaltigen Teil menschlicher Intelligenz und den qualitativen Unterschied zu den Tieren aus. Mittels des Symbolsystems Sprache lassen sich für Menschen sogar Bedeutungen konstruieren, die jenseits der Sinneserfahrung liegen. »Die besondere geistige Kompetenz der Menschen besteht [. . .] gerade darin, nicht nur rein assoziativ zu lernen, das heißt nicht nur Verbindungen im Gedächtnis aufzubauen, die von außen gesteuert werden, sondern ihr Wissen aktiv und ohne äußeren Anstoß so umzustrukturieren, dass es auch zur Bewältigung neuer

Anforderungen herangezogen werden kann« (BMBF 2007, S. 110f). Bereits Kinder können systematisch neue Kombinationen im Denken hervorbringen, ohne diese jemals vorher gesehen (trainiert) zu haben. Durch schlussfolgerndes bzw. logisches Denken können Menschen aus bestehenden Wissensbeständen neues Wissen generieren. Sie verstehen im Regelfall problemlos Analogien und wissen, dass es sich um eine Abwandlung des ursprünglichen Tatbestandes handelt. Der Erwerb und die Nutzung von Symbolsystemen – einschließlich der Neurobiologie als Wissenschaft – sind, als »Werkzeug zur Konstruktion von Bedeutung« (a. a. O., S. 114), die eigentlich typisch menschlichen Lernformen jenseits des Reiz-Reaktions-Lernens. Mit den Symbolsystemen rekonstruieren sich Menschen die Welt und können dabei von vorhergehenden Erfahrungen lernen. Unter der Voraussetzung von Sinnhaftigkeit gelingt es auch nicht, »einen Satz oder einen Abschnitt, dessen Bedeutung man nicht verstanden hat, zu einer ›erinnerbaren‹ Informationseinheit zu organisieren« (ZIMBARDO[5] 1992, S. 280).

Wie selbstverständlich und vor allem weitgehend aus den neurowissenschaftlichen Erkenntnissen gefolgert wird, dass menschliches Leben und Lernen ausschließlich aktiven Konstruktionsprozessen unterworfen ist, ist erstaunlich. Schließlich war es auch hier die Lernpsychologie, die zuerst vom Behaviorismus über den Kognitivismus auf den Konstruktivismus einschwenkte. Individuell spezifische Wahrnehmungen beruhen zwar auf einer neuronalen Basis, die Menschen lernend in Auseinandersetzung mit der Umwelt entwickeln. Daraus lässt sich jedoch beispielsweise nicht ableiten, wie es fast überall in populären Werken getan wird, dass Menschen evolutiv lediglich eine individuelle bzw. konstruierte Wirklichkeit hätten. Die Betonung des aktiven Prozesses menschlichen Erkennens ist die eine Seite. Meist aber erfolgt damit implizit, unter Rekurs auf eine bestimmte Auslegung der System- oder Wissenschaftstheorie, den radikalen Konstruktivismus, die Ablehnung einer objektiv gegebenen Wirklichkeit. Auch dieser Verweis und Bezug wird selten klar markiert, hat aber wissenschaftstheoretisch enorme Konsequenzen. Was dabei gerne aus dem Blick gerät ist die Tatsache, dass Lernen – auch und gerade in privilegierten Formen – immer ein sozialer Akt ist. Ontogenetisch geht beispielsweise die Sprache dem Einzelnen voraus, ist also immer schon als gesellschaftliches Kommunikationsmittel vorhanden. Sprachentwicklung und Lernen einer Sprache ist Produkt einer gemeinsamen Teilnahme an der gesellschaftlichen Lebenspraxis und ihren Handlungsvollzügen. Menschen lernen also immer schon aufgrund der Handlungspraxis anderer Menschen, beginnend in der eigenen Familie und Kultur. Und unter Bezug auf die gemeinsame Umwelt und die materiellen Gegebenheiten. Einen realen Weltbezug muss man beim Lernen, vor allem aber im Sinne von (intersubjektivem) Wissen, immer herstellen können. Erst durch diesen Bezug auf die gemeinsame Welt der Gegenstände und Sachverhalte sind ja streng genommen Lernen und die Aneignung von Wissen möglich. Erst dann können Aussagen von

richtig oder falsch, wahr oder unwahr, möglich oder unmöglich getroffen werden. Ein Letztes können Hirnforscher und Pädagogen deshalb lernen: »Weil wir mit denselben organismischen Ausstattungen irren, mit denen wir auch erkennen, kann Erkennen keine Kausalwirkung des neuronale Apparats sein« (JANICH 2009, S. 173).

5. Vom Lernen im Lebenslauf zur Biografizität

> »Auf der Leistungsebene macht es einen großen Unterschied, ob ein Mensch etwas durch Einsicht gelernt hat und dabei vielleicht auch ein Aha-Erlebnis hatte, oder ob er wie eine Ratte im Käfig einfach nur durch negative Verstärkung [...] Reiz-Reaktionsverbindungen aufgebaut hat« (BMBF 2007, S. 111).

Wir lernen – und das ein Leben lang. So banal dieser Satz klingt, so fundamental ist seine anthropologische Aussage. Es gehört zum Wesen des Menschen, sowohl lernfähig zu sein, als auch lernen zu müssen. Die Gelehrigkeit des Menschen wird bis ins hohe Erwachsenenalter beibehalten und hört im Normalfall nie wirklich auf (TIPPELT 2009). Dass Menschen unterschiedlich – und dabei auch Unterschiedliches – lernen ist dabei ebenso offenkundig wie die Feststellung, dass Menschen ein Leben lang lernen. Nicht erst seit der Debatte um die Erkenntnisse der Neurowissenschaften weiß man: Unterschiedlich gelernt wird in den verschiedenen Phasen des Lebens und in Bezug auf die Geschwindigkeit. Unterschiedliches gelernt wird in Bezug auf die Inhalte und Zusammenhänge. Die Betonung der Selbstorganisation des Lernens Erwachsener wird durch neurowissenschaftliche Erkenntnisse gestützt, nicht jedoch revolutioniert. Und dass eine Revision der traditionellen Vermittlungspädagogik nach dem Modell von Sender und Empfänger, insbesondere einer Umsetzung von eins zu eins zwischen angebotenem Lehrstoff und Gelerntem, zu revidieren ist, weiß man ebenfalls nicht erst seit den neurowissenschaftlichen Untersuchungen. Auch die konstruktivistische Wende dergestalt, dass Lernen »als aktive Konstruktion von Wirklichkeit definiert werden« kann (SIEBERT 2001, S. 13), bzw. dass sich Lernende eine individuelle Repräsentation des Lernstoffs im Lernprozess schaffen, ist kein originäres Ergebnis der Neurowissenschaften. Eine zentrale neurowissenschaftliche Erkenntnis in Bezug auf das Lernen heißt zwar, dass dieses ursprünglich und wesentlich assoziativ erfolgt, weil durch die gleichzeitige Verbindung von Signalen, also die Anknüpfung an bereits vorhandene Strukturen, neu Gelerntes gespeichert und verfügbar gemacht wird. Letztlich kann jedoch nur gezeigt werden, dass kleine Kinder bei Lernvorgängen im assoziativen Bereich schneller lernen als Erwachsene. Und auch das war lernpsychologisch bereits bekannt. Umgekehrt haben ältere Menschen im Grunde auch bei dieser Art des Lernens

einen Vorteil. »Ältere Menschen lernen zwar langsamer als junge, dafür haben sie jedoch bereits sehr viel gelernt und können dieses Wissen dazu einsetzen, neues Wissen zu integrieren« (Spitzer 2003, S. 2). Doch dies ist bei Weitem nicht die einzige Art des Lernens, das Menschen auszeichnet. Zu den anderen Arten gibt es bisher weder neurobiologische Modelle, noch empirische Erkenntnisse sonstiger Art.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, die für die bisher durch die Neurowissenschaften untersuchten Lernprozesse gelten, so müssten Kurse beispielsweise sehr individuell auf die Personen zugeschnitten sein. Generell kann man deshalb *auch* mit einem Bezug auf die biologischen Grundlagen des Lernens Folgendes für ein nachhaltiges Lernen im Lebenslauf ableiten:

- Durch die Assoziativität des Lernens sollte den Teilnehmern möglichst viel Spielraum geboten werden, an vorhandenes Wissen bzw. Interessen anzuknüpfen.
- Spielerische Elemente und Modelle erleichtern in vielen Bereichen das Lernen.
- Langsames und schrittweises Lernen mit Wiederholungsphasen ist nachhaltiger als das schnelle Einpauken von Stoff. Dies hält allemal nur einen kurzen Zeitraum (meist bis zur Prüfung oder kurz danach).
- Dass Erwachsene (sinnfreies Material) langsamer lernen ist nicht per se nachteilig. Langsameres Lernen kann mit größerer Genauigkeit und höherer Abstraktion – oder einer größeren Verknüpfungsfähigkeit (Anwendbarkeit) – einhergehen.
- Lernen erfolgt individuell eingefärbt und re-konstruiert, d. h. die Teilnehmenden bauen in ihren Wissensschatz vor allem das ein, was ihnen wichtig ist und sich in ihre bisherigen Erfahrungen integrieren lässt. Demzufolge wird auch der Lernerfolg sehr unterschiedlich ausfallen.
- Je nach Ausprägung gibt es auch ein unterschiedliches Herangehen an das Lernen. Das heißt aber noch nicht, dass man Lerntypen identifizieren und zuordnen könnte. Verbunden mit der Unterschiedlichkeit von Lerninhalten und Gedächtnissystemen gibt es also eine Vielzahl von Methoden, Wissen zu vermitteln. Alle haben unterschiedliche Vor- und Nachteile. Es gibt jedoch ganz sicher nicht *die* Methode der Wissensvermittlung.

Dies soll noch einmal anhand der zwei folgenden Beispiele belegt werden.

5.1 Emotionen und Politdidaktik

Wenn die Neurowissenschaften eins sehr deutlich zeigen können, dann dass Emotion und Kognition untrennbar zusammengehören. Mit anderen Worten: Obwohl es oft so dargestellt wird, sind Emotionalität und Rationalität kein Gegensatz. Im Gegenteil: Menschen ohne Emotionen können gerade keine rationalen Entscheidungen treffen. Dabei ist das Gefühl aufgrund des neuronalen Verarbeitungsprozesses in das Denken und Entscheiden »eingewoben«. Auch dies war schon vorher bekannt, hat aber in den pädagogischen Debatten sicher nicht immer den notwendigen Stellenwert eingenommen. Im Rahmen politischer Theorien wird Emotionen traditionell kein hoher Stellenwert zugewiesen, denn »die Demokratie vertraut auf die Verstandeskraft der politischen Akteure« (Dustdar 2008, S. 32). Emotionen spielen aber auch bei Vorurteilen eine entscheidende Rolle. Wird dies nicht adäquat beachtet, verfehlt jede rationale politische Argumentation ihre Basis. Emotionen in der politischen Bildungsarbeit Zeit und Raum einzuräumen, ist von entscheidender Bedeutung für das Politikverständnis, politische Konfliktfelder und vor allem die Politdidaktik (Rager 2001). Aber, und auch das kann man den neurowissenschaftlichen Erkenntnissen entnehmen: Dies ist nicht einfach parallel zu den inhaltlichen Lernprozessen möglich, indem man auch die Gefühle thematisiert. Die Schwierigkeiten einer adäquaten Einbeziehung ist innerhalb der Kommunikationstheorie schon länger bekannt, denn hier gibt es einen elementaren Dreischritt: Wahrnehmen, Interpretieren und Fühlen. Dieser Dreischritt läuft zunächst in jeder Kommunikationspraxis – und wahrscheinlich auch in jedem (politischen) Lernprozess – automatisch und unbewusst ab. Zum Tragen und Ausdruck kommt zuallererst der letzte Schritt: Das gute oder ungute Gefühl gegenüber einer Argumentation. Der Dreischritt ist immer erst nachträglich, im Hier und Jetzt des Lernprozesses, nicht irgendwann davor oder danach, reflexiv aufzulösen. Erst in der Reflexion auf den Lernprozess – also auf einer Metaebene zu den Inhalten – ist er zu analysieren. Die wesentliche Pointe der Kommunikationstheorie nach Schulz von Thun (1992) besteht genau darin, sich in konkreten Kommunikations- oder Konfliktsituationen diese Abläufe anzusehen, auf den subjektiven Anteil der Interpretation und emotionalen Reaktion hin zu untersuchen und dies zum Anlass zu nehmen, mit dem Gegenüber über seine Gefühle zu reden. Die Beachtung der Emotionen beim (politischen) Diskursgeschehen gilt ganz generell und trifft beispielsweise auch auf Logiker oder Wissenschaftler zu. Wohlgemerkt: Auf die Wissenschaft und Logik treibenden Subjekte, nicht beispielsweise die Logik oder Politik als Wissenschaft.

Sinnvolles Erinnerungslernen ist immer eingebettet in gesellschaftspolitische Fragestellungen und Zusammenhänge. Auch diese sind emotional besetzt. »Emotional verfängliche Reize dürfen in der politischen Erwachsenenbildung die prüfende Nachdenklichkeit nicht überfordern« (Behrens 1999, S. 219). Pädagogisch-didaktisch stellt die Ermöglichung, nicht nur über konkrete Inhalte politischer Veranstaltungen, sondern auch die damit verbundenen Gefühle zu reden, eine enorme Herausforderung dar. Vor allem wie dies wiederum vernünftig geschehen kann, ist für Lehr- und Lernprozesse gesondert mitzuplanen. Dies gilt im Rahmen der politischen Bildung besonders für die Erinnerungsarbeit, die – zumindest in Deutschland – traditionell als reine Wissensvermittlung betrachtet wird (Osel 2010). Erinnerungsarbeit ist aber ebenfalls nicht politisch neutral und überhaupt nicht emotionsfrei rational.

Dennoch: »Oft verkommt Holocaust-Bildung zu einer reinen Wissensvermittlung« (a. a. O.). Genau so funktioniert der Lernprozess jedoch nicht, wie sich aus vielen Studien neben den Neurowissenschaften zeigen lässt. Was in Erinnerung gerufen wird, und wie dies geschieht, wird im Regelfall gesellschaftlich und politisch entschieden. Um noch einmal die Rolle der Emotionen beim Lernen anzusprechen: Auch viele Erinnerungsorte lassen ihr Potenzial dann ungenutzt, wenn sie keinen Freiraum für das Thematisieren der Emotionen gewähren. Nur dann sind auch Orte der Erinnerung gut geeignet, Erinnerungslernen zu ermöglichen. Um insgesamt politische Bildungsarbeit zu betreiben und demokratisches Bewusstsein zu schaffen gehört die Thematisierung von Emotionen während des Lernprozesses unmittelbar ins Repertoire. Erst aus einer positiven emotionalen Grundhaltung heraus wird es beispielsweise möglich, Demokratie auch als Lebensform anzunehmen und nicht nur als gespeichertes Staatsprinzip zu erinnern.

5.2 Die eigene Biografie als Schlüsselvariable

»Alle Erfahrungen, die wir machen – alles, was wir lernen, muss sozusagen ›durch uns hindurch‹, muss mit einer inneren Logik verbunden werden, die nur für uns gilt [. . .] stellvertretende Lernprozesse gibt es nicht« (Alheit 2006, S. 4). Das autobiografische Gedächtnis, das sich wahrscheinlich erst nach dem dritten Lebensjahr herausbildet, nach dem sechsten Lebensjahr zu einem eigenen Verarbeitungsmodus findet und in einem spezifischen Bereich in der Mitte des Stirnhirns lokalisiert werden kann, ist besonders privilegiert. Anders als das sachliche (deklarative) Wissen über die Welt verbinden sich bei den persönlichen Erinnerungen immer auch ausdrückbar Stimmungen und Emotionen. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass das autobiografische Gedächtnis je nach Lebensalter unterschiedlich arbeitet (Markowitsch/Welzer[2] 2006). Vor allem wird mit zunehmendem Alter die Distanziertheit größer in dem Sinne, dass man sich emotional davon entfernt. Dabei verändern sich bereits mit dem Abruf die Erinnerungen selbst (Oerter/Montada[2] 1987). Dass das biografische Gedächtnis nicht zuverlässig in dem Sinne ist, replizierbare Daten zu liefern, ist wiederum keine genuine Erkenntnis der Neurowissenschaften (Rath 2000). Wenn man dennoch einen Rekurs auf die Neurowissenschaften machen will, dann ist vielleicht diese Analogie am besten geeignet: »Biografizität ist gleichsam der persönliche Code, mit dem wir uns neue Erfahrungen erschließen« (a. a. O., S. 6). Jedes Lernen funktioniert zunächst nur als individuelles Lernen und ist in gewisser Weise biografisches Lernen. Die Stärkung oder Veränderung synaptischer Verbindungen durch das Hinzukommen neuer Impulse führen zu spezifischen und individuellen Erfahrungen. Im Falle der biografischen Komponente sehr stark verknüpft mit Emotionen und Gefühlen und einer deutlichen Bevorzugung durch die neuronalen Mechanismen im Gehirn.

Die Erinnerungen an die eigene Lebensgeschichte prägen die eigene und formen die personale Identität. Die Lebensgeschichte besteht dabei aus Lebensgeschichten (Klingenberger 2009) und insofern bietet sie unterschiedlichste und vielfältigste Anknüpfungspunkte für das eigene Lernen, auch wenn es im Kern selten um die objektiven Daten alleine geht, sondern primär um die damit verbundenen Gefühle. Doch die objektiven Daten müssen ja nicht immer dem Gedächtnis entnommen werden. Das biografische Gedächtnis ist in neuerer Zeit nicht umsonst in den Fokus von Bildungsdebatten gerückt. Sei es in Form der Erfassung informell erworbener Kompetenzen (Profilpass) oder auch als Auseinandersetzung mit sich selbst, wie beispielsweise in Konfliktseminaren und der Frage, an welchen biografisch wichtigen Punkten bestimmte Konfliktverhaltensstrategien erworben wurden (bspw. Klingenberger/Zintl 2001). Biografische Kompetenz bedeutet in dieser Lesart:

- das Bewusstsein über die jeweilige Art, in der Zeit zu leben,
- die verstehende Auseinandersetzung mit dem vergangenen Leben (Bilanz),
- das Aufgreifen von Lebenschancen und die Bewältigung aktueller Krisen,
- das Entwerfen und Umsetzen von Zukunftsplänen,
- das Bewusstsein über die Verwobenheit mit Gesellschaft, Politik und Geschichte.

Für das individuelle und biografische Erinnern im Sinne von Lernen spielt der Bedeutungszusammenhang und der Sinn – neben den Emotionen – eine noch viel größere Rolle. Insofern bedeutet Biografiearbeit und biografisches Arbeiten in der Pädagogik eine starke Orientierung auf die Ressourcen, also die Stärken der einzelnen Menschen sowie das Bewusstsein darum, dass es eine biografische Wahrheit in diesem Sinne nicht gibt. Gerade dieser Aspekt weist wiederum darauf hin, dass es sich beim biografischen Lernen, dem Lernen aus dem Lebensverlauf, in jedem Fall – und zwar unabhängig von institutionalisierten Lernarrangements – immer um soziale Prozesse handelt. Die erste Voraussetzung dafür ist, überhaupt eine Biografie entwickeln zu können, was »keineswegs eine Trivialität ist« (Alheit 2006, S. 2) und mit der Herausbildung der Moderne zu tun hat. Eine eigene Biografie herzustellen ist dabei nicht nur auf die enorme Anhebung der durchschnittlichen Lebenserwartung zurückzuführen, sondern auch gekoppelt an die dominierende Einstellung, sein Leben selbst planen und in die Hand nehmen zu können. »Biographizität bedeutet, dass wir unser Leben in den Kontexten, in denen wir es verbringen (müssen), immer neu auslegen können und dass wir diese Kontexte ihrerseits als ›bildbar‹ und gestaltbar erfahren« (Alheit 2003, S. 16). Was genau beschreibt, dass eine Biografiearbeit nicht etwas exklusiv Privates darstellt, sondern eher die »Innenseite« von etwas zeigt, was Ulrich Beck (1986) nachdrücklich als Individualisierung beschrieben hat.

5.3 Ausblick

Ob es jemals eine »Neurodidaktik« geben wird, kann angesichts der bisherigen Ergebnisse durchaus angezweifelt werden. Gemessen an den schon vorhandenen Ergebnissen aus den anderen Fachwissenschaften wie etwa der Psychologie, der Pädagogik oder auch der Anthropologie sind die empirischen Befunde sogar außerordentlich dürftig – jenseits des Lernens durch Konditionierung. »Lernen ist mehr als die zweifellos notwendige Benutzung der Sinne (z. B. beim Experimentieren) und mehr als sinnliche Erfahrung. Die Erklärungen erfordern gerade eine Distanzierung von den unmittelbaren Erfahrungen« (Looss 2001, S. 9). Zu typisch menschlichen Formen des Lernens sowie zu vielen geistigen Prozessen des Denkens und Bewusstseins hat die Neurowissenschaft bisher nicht ansatzweise Erklärungsmodelle zu bieten. Über die mittlere Ebene, wie es die Neurowissenschaftler selbst beschreiben, also die Ebene kleinerer und größerer Zellverbände (neuronale Netzwerke), die letztlich den Prozessen auf der obersten Ebene zugrunde liegt, wissen die Neurowissenschaften bisher »erschreckend wenig« (Gehirn & Geist 2004, S. 31). Umso erstaunlicher sind die immer wieder vorkommenden grenzübergreifenden Versuche, aus den bisher vorliegenden Befunden Empfehlungen für die Gestaltung von Lern-/Lehrprozessen abzuleiten. Möglich ist das nur, weil die sprachlichen – und damit inhaltlichen – Voraussetzungen vonseiten der Neurowissenschaftler nicht geklärt werden. Und wenig Rücksicht auf schon lange vorliegende Erkenntnisse genommen wird. Als zentraler Aspekt des Menschseins und Bewusstseins wird von einigen Neurowissenschaftlern ohnehin nur die Gedächtnisleistung des Gehirns betrachtet.

Auch jenseits der Diskussion um die (fehlende) Willensfreiheit, die sich für manche Neurowissenschaftler aus ihren wissenschaftlichen Befunden ergeben soll, sind die Erkenntnisse zum Thema Lernen, die hinter vielen neurowissenschaftlichen Plädoyers stecken oder in vielen pädagogischen Ratgebern angepriesen werden, überhaupt nicht neu. Methodisch gehen die empirischen Studien zur Gedächtnisleistung in der Regel auf das Behalten von Wortlisten und sinnlosen Silben zurück. Ob sich solche Messungen auf alle Lernprozesse einfach anwenden lassen, ist mit guten Gründen anzuzweifeln. »Das Lernen von Wortlisten in Experimenten und das Nachsprechen von 80 Zahlen aus dem Gedächtnis ist zwar eindrucksvoll, hilft aber gewöhnlich für die Lebensbewältigung und für persönliche Probleme wenig« (Oerter/Montada[2] 1987, S. 574). Die angeblich neurowissenschaftlich fundierte Forderung, möglichst viel durch konkrete Handlungen zu lernen, kann, derart gelöst vom Kontext, dazu führen, dass Schüler Buchstaben backen, kneten und töpfern. »Tatsächlich können solche Aktivitäten keinesfalls gezielte Schreib- und Leseübungen in Abhängigkeit vom jeweiligen Kompetenzniveau ersetzen« (BMBF 2007, S. 117). Der ebenfalls so begründete Rat, möglichst viel bildhaftes Material zur Gestaltung zu verwenden, kann ebenfalls daneben gehen, weil es immer

darum geht, die richtigen Bilder zur richtigen Zeit zu verwenden – also kontextuell einzubetten. Einfach nur mehr Bilder im Lehrprozess zu verwenden läuft in die komplett falsche Richtung. Lehr-/Lernprozesse lassen sich eben in keinem Fall kausal beschreiben oder nach dem Schema Wenn-Dann organisieren.

Auffallend ist auf der anderen Seite, dass auch viele Ratgeber zu pädagogischen Maßnahmen die Frage des Gedächtnisses als zentralen Schlüssel sehen. Birkenbihl mahnt dazu, zu bedenken, dass »erst Gedächtnis uns zu ›Menschen‹ macht« ([46]2006, S. 299). Unbestritten sind Erinnerungen, insbesondere biografische Erinnerungen, ein wichtiges Element menschlichen Lebens und ein weitgehender Verlust des Gedächtnisses führt irgendwann zum Verlust der personalen Identität. Aber bereits der Schritt, die reine Erinnerung, die im Gedächtnis gespeichert ist, in eine Erfahrung umzuwandeln, geht über bloße Gedächtnisarbeit hinaus. Und auch das explizite bzw. deklarative Gedächtnis erweist sich im Rekonstruieren vergangener Ereignisse als kreativ. Wenn man insgesamt die selbstreflexiven Fähigkeiten des Menschseins in Anschlag bringt, ist man weit über rein biologische Lernprozesse hinaus. Wie sich überhaupt Bildung nicht in Lernen auflösen lässt. Doch diese Auseinandersetzung erfordert eine eigene Behandlung.

Literatur

Alheit, P. (2003): »Biographizität« als Schlüsselqualifikation. Plädoyer für transitorische Bildungsprozesse; In: Arbeitsgemeinschaft betriebliche Weiterbildungsforschung (Hrsg.): Weiterlernen – neu gedacht. QUEM-Report, Heft 78, S. 7–21 [PDF]; Verfügbar unter: http://www.abwf.de/content/main/publik/report/2003/Report-78.pdf [12. 2. 2010] • Alheit, P. (2006): »Biografizität« als Schlüsselkompetenz der Moderne [PDF]. Überarbeitete Fassung eines Vortrags an der Universität Flensburg. Verfügbar unter: http://freiealtenarbeitgoettingen.de/cms/upload/2_LERNEN/pdf-Dateien/Alheit_Biographizitaet_2006.pdf [24. 3. 2010] • Bauer, H.-U./Geisel, T./Pawelzik, K./Wolf, F.: Selbstorganisierende neuronale Karten. In: Spektrum der Wissenschaft. Dossier: Kopf oder Computer. Heidelberg 1997, S. 74–83 • Bpb (Bundeszentale für politische Bildung) (2008) (Hrsg.): Hirnforschung [PDF]. In: Aus Politik und Zeitgeschichte Nr. 44–45. Verfügbar unter: http://www.bpb.de/files/PJSS3A.pdf [12. 12. 2009] • Beck, U.: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt 1986 • Becker, N.: Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik. Bad Heilbrunn 2006 • Becker, N.: Hirngespinste der Pädagogik. In: Psychologie heute Nr. 11/2009, S. 72–77 • Behrens, G.: Methodische Zugänge. In: Bpb (Bundeszentale für politische Bildung) (1999) (Hrsg.): Politische Erwachsenenbildung. Bonn, S. 205–220 • Behrens-Cobet, H./Richter, D.: Didaktische Prinzipien. In: Bpb (Bundeszentale für politische Bildung) (1999) (Hrsg.): Politische Erwachsenenbildung. Bonn, S. 167–203 • Bennett, M. R./Hacker, P. M. S.: Philosophical Foundations of Neuroscience. Malden 2009 • Bennett, M. R./Hacker, P. M. S.: Philosophie und Neurowissenschaft. In: Sturma, D. (Hrsg.): Philosophie und Neurowissenschaften. Frankfurt 2006, S. 20–42 • Birkenbihl, V.: Stroh im Kopf? Vom Gehirnbesitzer zum Gehirnbenutzer. München 2006 • MBF (Bundes-

ministerium für Forschung und Bildung) (2007): Lehr-Lern-Forschung und Neurowissenschaften – Erwartungen, Befunde, Forschungsperspektiven [PDF]. Verfügbar unter: http://www.bmbf.de/pub/bildungsreform_band_dreizehn.pdf [31. 1. 2010] • Brand, M./Markowitsch, H. J. (2006). Lernen und Gedächtnis aus neurowissenschaftlicher Perspektive – Konsequenzen für die Gestaltung des Schulunterrichts. In: Herrmann, U. (Hrsg.): Neurodidaktik – Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen. Weinheim 2006, S. 60–76 • Brieskorn, N.: Konstruktivismus, In: Klingenberger H. & Krecan-Kirchbichler (Hrsg.): Nicht mehr sicher – aber frei. Erwachsenenbildung in der Postmoderne, S. 56–61. München 1999 • Bruer, J. T.: Der Mythos der ersten drei Jahre. Warum wir lebenslang lernen. Weinheim 2003 • Dustdar, F.: Demokratie und die Macht der Gefühle. In: APuZ Nr. 44–45/2008, S. 32–38. Verfügbar unter: http://www.bpb.de/files/PJSS3A.pdf [28. 2. 2010] • Engel, A. K. Singer, W.: Neuronale Grundlagen der Gestaltwahrnehmung. In: Spektrum der Wissenschaft. Dossier: Kopf oder Computer. Heidelberg 1997, S. 66–73 • Engels, E. M.: Die Teleologie des Lebendigen. Kritische Überlegungen zur Neuformulierung des Teleologieproblems in der angloamerikanischen Wissenschaftstheorie. Berlin 1982 • EducETH (Zürich) (2009 a): 7 populäre Neuromythen unter http://www.educ.ethz.ch/ll/nw/nm [12. 2. 2010] • EducETH (Zürich) (2009 b): Gründe für die prinzipielle Unterbestimmtheit der Neurowissenschaften in Bezug auf die Gestaltung schulischen Lernens unter http://www.educ.ethz.ch/ll/nw/gr [12. 2. 2010] • Franz, J.: Dazu gelernt – Neurobiologische Einsichten in das Lernen im Lebenslauf. Vortrag im Rahmen der Tagung »Bildung – über Schule und Hochschule hinaus« der Arbeitsgemeinschaft der Erwachsenenbildungsträger in Bayern (AGEB) an der Akademie für Politische Bildung in Tutzing am 26. 6. 2009 • Gehirn & Geist (2004): Das Manifest. Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung [PDF]. In: Gehirn & Geist Nr. 6/2004, S. 30–37. Verfügbar unter: http://www.gehirn-und-geist.de/artikel/839085&_z=798884 [28. 3. 2010] • Gehlen, A.: Anthropologische und sozialpsychologische Untersuchungen. Hamburg 1986 • Goller, H.: Psychologie. Emotion, Motivation, Verhalten. Stuttgart 1995 • Hacker, P. M. S.: Hirnforschern aufs Maul geschaut. Ein Interview [PDF]. In: Gehirn&Geist Nr. 5/2004, S. 43. Verfügbar unter: http://www.gehirn-und-geist.de/artikel/839208 [15. 12. 2009] • Janich, P.: Der Streit der Welt- und Menschenbilder in der Hirnforschung. In: Sturma, D. (Hrsg.): Philosophie und Neurowissenschaften. Frankfurt 2006, S. 75–96 • Janich, P.: Kein neues Menschenbild. Zur Sprache der Hirnforschung. Frankfurt 2009 • Kandel, E. R./Schwartz, J. H./Jessel, T. M. (Hrsg.): Neurowissenschaften. Eine Einführung. Heidelberg 1996 • Keil, G. (2003): Homunkulismus in den Kognitionswissenschaften [PDF]. In: Köhler, W. R. & Mutschler, H.-D. (Hrsg.): Ist der Geist berechenbar? Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, S. 77–112. Verfügbar unter: http://www.philosophie.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaabpeoy [26. 3. 2010] • Keller, A.: Sprachphilosophie. Freiburg 1989 • Keller, A.: Allgemeine Erkenntnistheorie. Stuttgart 1990 • Klingenberger, H./Zintl, V.: Ich stark. München 2001 • Klingenberger, H. (2009): Selbst gelernt – Lebenslanges Lernen biografisch betrachtet. Vortrag im Rahmen der Tagung »Bildung – über Schule und Hochschule hinaus« der Arbeitsgemeinschaft der Erwachsenenbildungsträger in Bayern (AGEB) an der Akademie für Politische Bildung in Tutzing am 26. 6. 2009 • Looss, M. (2001): Lerntypen? Ein pädagogisches Konstrukt auf dem Prüfstand [PDF]. In: Die Deutsche Schule 93/2, S. 186–198 (S. 1–14 im PDF Dokument). Verfügbar unter: http://www.ifdn.tu-bs.de/didaktikbio/mitarbeiter/looss/looss_Lerntypen.pdf [16. 2. 2010]

• Looss, M.: Von den Sinnen in den Sinn? Eine Kritik pädagogisch-didaktischer Konzepte zu Phänomen und Abstraktion [PDF].Vortrag am 29. 1. 2003 an der Technischen Universität Braunschweig. Verfügbar unter: http://www.ifdn.tu-bs.de/didaktikbio/mitarbeiter/looss/looss_Von_den_Sinnen.pdf [16. 2. 2010] • Markowitsch, H. J.: Neuropsychologie des menschlichen Gedächtnisses. In: Spektrum der Wissenschaft. Dossier: Kopf oder Computer. Heidelberg 1997, S. 24 –33 • Mutschler, H. D.: Die Welt als Konstruktion [HTML]. In: Magerl, G./Komarek, K. (Hrsg.): Virtualität und Realität: Bild und Wirklichkeit der Naturwissenschaften. Wien 1997. Verfügbar unter: http://www.akademieforum.de/grenzfragen/open/Grundlagen/Mu_Konstruktion/frame.htm [24. 2. 2010] • Oerter, R. & Montada, L.: Entwicklungspsychologie. Weinheim 1987 • Osel, J.: Holocaust im Schulunterricht. Keine Zeit für Gefühle [HTML]. In: SZ v. 26. 1. 2010. Verfügbar unter: http://www.sueddeutsche.de/jobkarriere/129/501385/text/ [1. 3. 2010] • Paulus, J.: Lernrezepte aus dem Hirnlabor [PDF]. In: Zeit Nr. 38 v. 11. 9. 2003. Verfügbar unter: http://pdf.zeit.de/2003/38/B-Neurodidaktik.pdf [31. 1. 2010] • Portmann, A.: Zoologie und das neue Bild des Menschen. Hamburg 1959 • Portmann, A.: Das Tier als soziales Wesen. Zürich 1962 • Rath, N.: Die biographische Wahrheit ist nicht zu haben – Nietzsches und Freuds Kritik der Biographik [PDF]. In: Psychologie und Geschichte, Jg. 8, Heft 3/4 v. März 2000. Verfügbar unter: http://journals.zpid.de/index.php/PuG/article/viewFile/259/295 [21. 3. 2010] • Rager, A. (2001): Pädagogisches Handeln im Rahmen des »Zivilisatorischen Hexagon« [PDF][Seminararbeit]. Verfügbar unter: http://www.alexander-klier.net/ZivPad.pdf [28. 2. 2010] • Roth, G.: Das Gehirn und seine Wirklichkeit: kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Frankfurt 1997 • Rösler, F.: Es gibt Grenzen der Erkenntnis – auch für die Hirnforschung! [PDF]. In: Gehirn&Geist Nr. 6/2004, S. 32. Verfügbar unter: http://www.gehirnundgeist.de/artikel/839091[15. 12. 2009] • Scheich, H.: Lernen unter der Dopamindusche. Was uns Versuche an Mäusen über die Mechanismen des menschlichen Gehirns verraten [PDF]. In: Zeit Nr. 39 v. 18. 9. 2003. Verfügbar unter: http://pdf.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik_2.pdf [31. 1. 2010] • Schulz v. Thun, F.: Miteinander reden 1 & 2. Allgemeine Psychologie der Kommunikation. Hamburg 1992 • Schumacher, R.: Die prinzipielle Unterbestimmtheit der Hirnforschung im Hinblick auf die Gestaltung schulischen Lernens. In: Sturma, D. (Hrsg.): Philosophie und Neurowissenschaften. Frankfurt 2006 • Siebert, H.: Lernen Erwachsene anders als ihre Eltern? Neue Untersuchungen zum Lernen Erwachsener. In: GdW-PH Nr. 8.120 / 43. Erg. Lieferung Juli 2001 S. 1–30 • Spitzer, M.: Geist im Netz: Modelle für Lernen, Denken und Handeln. Heidelberg 1996 • Spitzer, M.: Medizin für die Pädagogik [PDF]. In: Zeit Nr. 39 v. 18. 9. 2003. Verfügbar unter: http://pdf.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik.pdf [31. 1. 2010] • Stangl-Taller (2009): Energieverbrauch des Gehirns [HTML]. Verfügbar unter: http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/news/102/energieverbrauch-des-gehirns [5. 3. 2010] • Stern, E. (2003 a):Entwicklung und Lernen im Kindesalter [PDF]. Vortrag verfügbar unter: http://www.kita-bildet.de/downloads/Referat_Stern.pdf [12. 2. 2010] • Stern, E. (2003 b): Beeindruckt, aber nichts verstanden? [PDF]. In: Welt des Kindes Nr. 5/2003, S. 22–24 • Stern, E./Schumacher, R. (2008): Alles nur Scharlatanerie? – Zur Bedeutung der Neurowissenschaften für die empirische Lehr- und Lernforschung. Ein Interview der ETHZürich [PDF]. Verfügbar unter: http://www.educ.ethz.ch/ll/nw/art_stern/Interview_Stern_Schumacher.pdf [12. 2. 2010] • Tippelt, R./von Hippel, A. (^{3}2009): Handbuch Erwachsenenbildung / Weiterbildung. Wiesbaden 2009 • Tippelt, R.: Miteinander gelernt – Bildung als gestaltende Kraft der Gesellschaft. Zu fünf Dimen-

sionen des Lernens im Lebenslauf. Vortrag im Rahmen der Tagung »Bildung – über Schule und Hochschule hinaus« der Arbeitsgemeinschaft der Erwachsenenbildungsträger in Bayern (AGEB) an der Akademie für Politische Bildung in Tutzing am 26. 6. 2009 • VESTER, F.: Denken, Lernen, Vergessen: Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann lässt es uns im Stich? München 1998 • VESTER, F.: Neuland des Denkens. Vom technokratischen zum kybernetischen Zeitalter. München 1980 • ZIMBARDO, P. G.: Psychologie. Berlin 1992 • ZILLES, K. (2003): Bildgebende Verfahren: Neue Perspektiven in der Hirnforschung [PDF]. In: Jahrbuch der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, S. 117–130. Verfügbar unter: http://www.uni-duesseldorf.de/home/Jahrbuch/2003/PDF/Zilles.pdf [13. 12. 2009]

Der Autor

DR. ALEXANDER KLIER ist verheiratet und hat ein Kind. Er ist pädagogischer Leiter der Erwachsenenbildung beim DGB Bildungswerk Bayern. Ursprünglich hat er eine technische Ausbildung in der Kommunikationsbranche absolviert. Nach längerer Berufstätigkeit hat er das Abitur über den 2. Bildungsweg und schließlich das Studium der Philosophie an der Hochschule für Philosophie, Philosophische Fakultät S. J. in München gemacht. Anschließend Zusatzstudium der Erwachsenenpädagogik und schließlich Promotion zum Thema Umgang mit Zeiten in Betrieben. Die Bildungsarbeit bildet für ihn eine biografische Konstante. Für das DGB Bildungswerk Bayern ist er – auch im Rahmen theoretischer Reflexionen – in der Arbeitsgemeinschaft der Erwachsenenbildungsträger in Bayern (AGEB) tätig.
Kontakt: Stücklenstr. 2, 81247 München, Tel.: 089/81089706,
E-Mail: mail@alexander-klier.net, Internet: http://www.alexander-klier.net

ISBN 3-472-50520-4

Alle Rechte vorbehalten.
© by Wolters Kluwer Deutschland GmbH, Köln
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat: Renate Schmid
(Durchwahl 02 21/9 43 73-7646, Fax -7757)
Satz: bontype media AG, Bonn
Druck: Medienhaus Plump, Rheinbreitbach