



Hirnforschung und Konstruktivismus –
Fundamente einer neuen Didaktik?

0 Braucht es eigentlich eine „Neu(e)(ro)-Didaktik“?	2
1 Neuro & Didaktik	2
1.1 Ansprüche.....	2
1.2 Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaft	3
2 Neues aus der Hirnforschung	3
2.1 „Kinder lieben Überraschungen, und ihre Gehirne auch“!	5
2.2 Einfache Elemente – simple Funktionen – komplexe Leistungen	7
2.3 Ein Code für alles?.....	8
3 Neurobiologische Grundlagen des Gedächtnisses	9
3.1 Mandelkern & Seepferdchen	9
3.2 Gedächtnismodell.....	9
4 „Vom Schüler her unterrichten“ (Wiater) - eine neue Didaktik?	10
4.1 Grundelemente einer neuen Didaktik (WIATER)	10
4.2 Problemorientiertes Lernen (Mandl) – ein brauchbarer Ansatz?	11
5 Vom Problemlöser zur kompetenten Individuum?	12
6 Abbildungsverzeichnis	13
7 Literatur	13
8 Links: World Wide Web	15
9 Index: Von A bis Z	15

0 Braucht es eigentlich eine „Neu(e)(ro)-Didaktik“?

„Verzweifelte Pädagogen haben die Hirnforschung entdeckt. Wann sollen sie was lehren? Mit welcher Methode? Wie weit reicht Erziehung? Die Frage, was im Kopf ihrer Sprösslinge vorgeht, nehmen Eltern immer öfter wörtlich. Das Feld der „Neurodidaktik“ boomt.“¹ – und man erwartet viel von ihr; vielleicht zuviel:

Neurodidaktik will nämlich keine neue Theorie, kein neues Didaktik-Konzept, kein neues Programm zur revolutionären Umgestaltung des Unterrichts sein, sondern lediglich - das aber dezidiert – auf Basis der Fortschritte der Gehirnforschung die neuro-biologischen Grundlagen von Lernprozessen aufdecken und die neuro-psychologischen Argumente für einen effizienten und schülerorientierten Unterricht aufweisen.

1 Neuro & Didaktik

1.1 Ansprüche

„Während Philosophen, Psychologen, Anthropologen und Soziologen schon seit Jahrzehnten rege mitdiskutieren, blieb bislang die Hirnforschung bei didaktischen Fragestellungen traditionell eher außen vor. Paradox: Denn Lernen findet schließlich im Kopf statt; jeder Lernvorgang geht mit einer Veränderung im Gehirn einher. Die Neurobiologie stellt somit zwangsläufig das naturwissenschaftliche Fundament dar, auf dem moderne didaktische Theorien aufbauen sollten...Dieser Ansatz stößt jedoch unter eher geisteswissenschaftlich geprägten Pädagogen immer wieder auf Widerstand. Dabei käme doch wohl niemand auf die Idee, ein Haus etwa von Malern, Klempnern oder Gärtnern konstruieren zu lassen – ohne einen Ingenieur“ (Friedrich & Preiss 2002, S. 64).	„Die Absicht zur Totalerfassung verlangt von didaktischer Theorie auch eine Offenheit nach außen in die Welt der Wissenschaft insgesamt hinein, und zwar für alle in irgendeiner Weise auf die didaktische Wirklichkeit bezogenen Wissenschaften. Dazu gehören anthropologische wie soziologische Disziplinen ebenso wie philosophische, medizinische u.a. Didaktik wird gleichsam zur integrativen Wissenschaft für alle maßgeblichen Wissenschaften und deren Ergebnisse unter dem Gesichtspunkt des Lernens und Lehrens. Allgemeine Didaktik integriert alle maßgeblichen wissenschaftlich gewonnenen Aussagen über das weite Feld des Lernens und Lehrens. (Peterßen 2002, S. 21).
⇒Vergleichen Sie beide Aussagen! Stellen Sie dazu	
• die Unterschiede	
• die Ähnlichkeiten	
der Statements gegenüber!	
Welche Lösung des Problems erscheint Ihnen sinnvoll?	

¹ Annette Lessmöllmann in *DIE ZEIT* Nr. 45/2002

1.2 Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaft

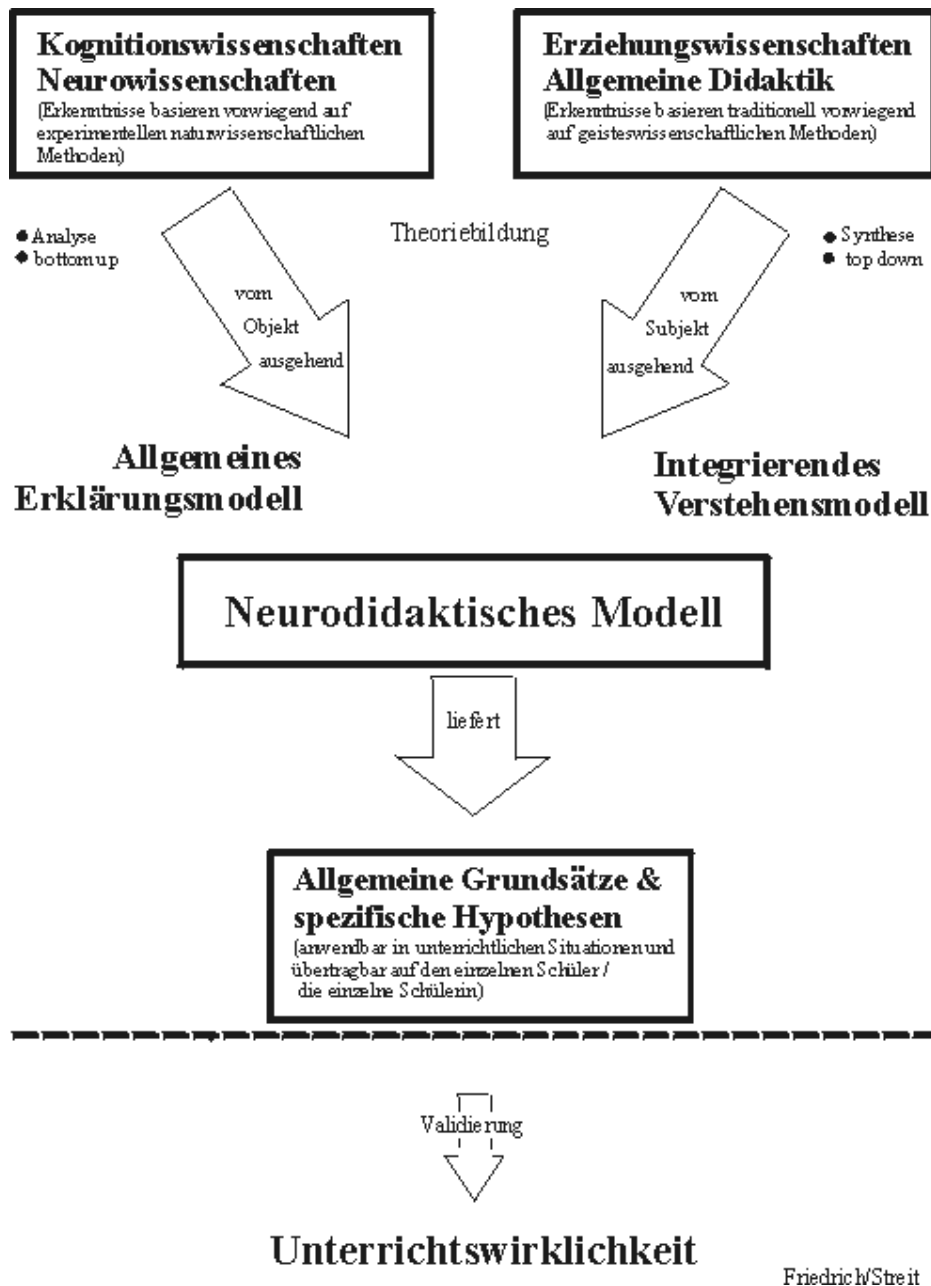


Abb. 1: Neurodidaktik – Integration von Natur- und Geisteswissenschaft

2 Neues aus der Hirnforschung

„Die Erforschung des menschlichen Gehirns ist ein eigentümliches, weil letztlich zirkuläres Unterfangen. Ein kognitives System versucht sich selbst zu ergründen, indem es sich im Spiegel naturwissenschaftlicher Beschreibungen betrachtet“ (Singer 2002, S.9)

Was sich alles beim Lernen im Gehirn verändert, beginnen die Forscher zunehmend besser zu verstehen. Ein besonderes Interesse richten sie auf die Kontaktstellen (Synapsen) zwischen den rund 100 Milliarden Nervenzellen des Gehirns. Im Unterschied

zu schreibgeschützten Daten einer Computerdiskette sind die Informationen im Gehirn nicht eindimensional und statisch ‚abgespeichert‘; das Netzwerk der Neuronen im Gehirn reagiert sehr flexibel beim Lernen, Speichern und Erinnern. Die Neurowissenschaftler sprechen in diesem Zusammenhang von Plastizität. Diese ermöglicht erst die Komplexität der Lernprozesse; wenn es gelingt, die Plastizität des Gehirns genauer zu verstehen, bietet das auch die Chance, bessere Trainingsmethoden (=Lernmethoden) für das Gehirn zu entwickeln.

Wie Lernen neuronale Strukturen bildet Die Entwicklung der Synapsen im Gehirn

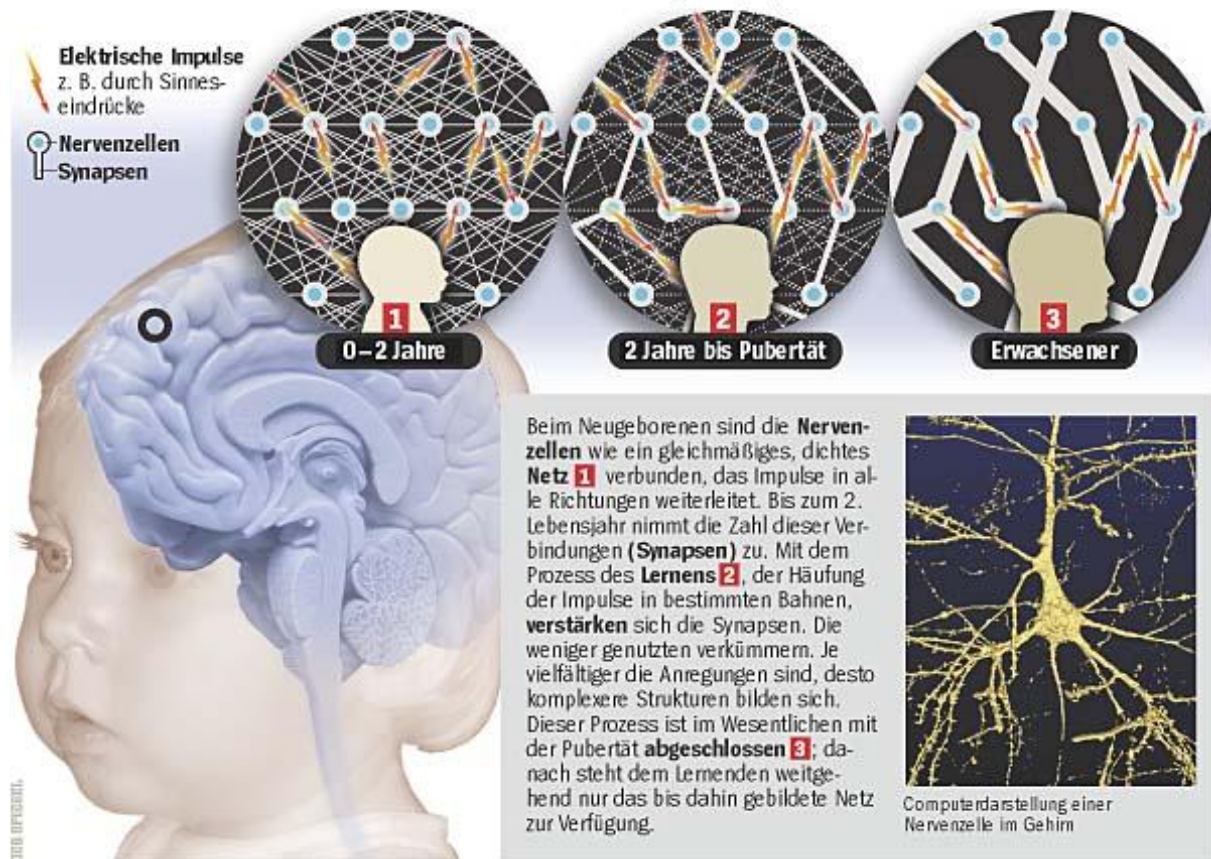


Abb. 2: Entwicklung der Synapsen (Quelle: DER SPIEGEL)

In den ersten beiden Lebensjahren werden eine große Anzahl von Verbindungen zwischen den Neuronen im Gehirn geknüpft – wesentlich mehr, als im späteren Leben gebraucht werden. In der Zeit bis etwa zur Pubertät findet eine Auslese statt: Lediglich die Synapsenverbindungen bleiben erhalten, die immer wieder genutzt werden, die weniger bzw. nicht genutzten Verknüpfungen werden abgebaut. Dem Erwachsenen steht dann zwar ein elaboriertes neuronales Netz zur Verfügung; Veränderungen und Anpassungen der neuronalen Struktur hingegen gelingen sehr viel schwieriger.

Nach Singer (2002) gibt es „drei Mechanismen, über welche Wissen in das Gehirn kommt:

- die Evolution, die Wissen über die Welt in den Genen speichert und dieses Wissen im Phänotyp des je neu ausgereiften Gehirns exprimiert,
- dann das während der frühen Ontogenese erworbene Erfahrungswissen, das sich ebenfalls in Strukturänderungen manifestiert (...)
- und schließlich das übliche, durch Lernen erworbene Wissen, das sich in funktionellen der Effizienz bereits konsolidierter Verbindungen ausdrückt. (...)

In ihrer Gesamtheit bestimmen diese drei Wissensquellen die funktionelle Architektur des jeweiligen Gehirns und damit das Programm, nach dem das betrachtete Gehirn arbeitet“ (Singer 2002, S 95).

2.1 „Kinder lieben Überraschungen, und ihre Gehirne auch“!

Die Bedeutung der Umwelt für die Entwicklung des kindlichen Gehirns

von Prof. Dr. Anna Katharina Braun

Beobachtungen aus der Kinderpsychologie und -psychiatrie haben schon sehr früh klar gemacht, dass emotionale Erlebnisse in früher Kindheit einen dauerhaften Einfluss auf die soziale und intellektuelle Entwicklung haben. Wenn es hier zu Störungen kommt, beispielsweise durch Verlust der Bezugspersonen oder traumatische Erlebnisse, dann kann es zu geistiger Retardierung¹ oder zu seelischen Erkrankungen kommen. Eines der berühmtesten Beispiele ist Kaspar Hauser, der im Alter von etwa 17 Jahren als Findelkind gefunden wurde. Es war auffallend, dass er weder sprechen konnte, noch normales menschliches Verhalten zeigte, und es wurde sehr bald deutlich, dass ihm in diesem fortgeschrittenen Lebensalter das Sprechen bzw. normale soziale Verhaltensweisen nur noch schwer beizubringen waren. Dieses Beispiel zeigt, dass es offenbar sensible Zeitfenster in der psychischen Entwicklung gibt, in denen bestimmte Fähigkeiten, wie zum Beispiel die Sprache, effizienter erlernt werden können als in anderen Lebensphasen. Diese sensiblen Phasen korrelieren höchstwahrscheinlich mit bestimmten Entwicklungsphasen des Gehirns, in denen die am Lernvorgang beteiligten Hirnareale besonders plastisch sind. René Spitz, der Untersuchungen zur Entwicklung von Heimkindern durchgeführt hat, hat als einer der ersten folgende Hypothese aufgestellt: Wenn es zu frühen emotionalen negativen Umweltbedingungen kommt, kann es zu "seelischen Narben" kommen, die dann das Individuum übersensibel gegen spätere Negativerlebnisse machen könnten. Er postulierte also eine erhöhte seelische Vulnerabilität², die durch frühe traumatische Erlebnisse hervorgerufen wurde. Wir haben diese Hypothese übertragen in die Neurobiologie: wir postulieren, dass solche "psychischen Narben" das Resultat von frühkindlichen, durch ungünstige Umweltbedingungen entstandene Funktionsstörungen bestimmter Hirnsysteme sind, die dann auch die Ursache für die erhöhte Vulnerabilität gegenüber später eintretenden Umwelteinflüssen sein könnten. Die ersten emotionalen Erfahrungen werden bei der Interaktion zwischen dem Neugeborenen und seinen Bezugspersonen gemacht und sind daher "prägend" für alle weiteren emotionalen Erfahrungen. In unserer Arbeitshypothese, die wir seit einigen Jahren an Tiermodellen überprüfen, gehen wir davon aus, dass die Kind-Eltern-Interaktion eine emotionale Regulation und Stabilisierung des Kindes bewirkt, und dass sich diese Regulationsmechanismen auf die funktionelle Reifung des Gehirns auswirken. Wir postulieren, dass es hierbei zu einer Reorganisation der synaptischen Verschaltungsmuster zwischen den Nervenzellen im Gehirn kommt, und zwar insbesondere im limbischen System, welches nicht nur für die emotionale Verhaltenssteuerung, sondern auch für Lernen und die Gedächtnisbildung von Bedeutung ist.

¹ Retardierung:

² Vulnerabilität:

Die Kind-Eltern-Interaktion wirkt sich also auf die funktionelle Reifung dieser für spätere Lern- und Verhaltensleistungen essentiellen Hirnschaltkreise aus. Findet diese Interaktion in einer adäquaten Art und Weise statt, entstehen normal funktionierende limbische Funktionen und es kommt zu einer normalen emotionalen und intellektuellen Reifung. Im pathologischen Falle, beispielsweise wenn die Eltern-Kind-Interaktion zeitweise oder auf Dauer unterbrochen wird – und das können wir im Labor bei unseren Tieren unter sehr kontrollierten Bedingungen induzieren – kommt es ebenfalls zu einer Reorganisation dieser Hirnschaltkreise, aber vermutlich in eine andere Richtung. Wir vermuten, dass es in solchen Fällen entweder zu einer unvollständigen Reifung der limbischen Schaltkreise kommt oder sogar zu "defekten" synaptischen Verschaltungsmustern, die dann letztendlich vielleicht den seelischen und kognitiven Störungen zugrunde liegen, die in der Kinderpsychiatrie oder auch in der Erwachsenenpsychiatrie diagnostiziert werden. (...) In einem unserer ersten Experimente ging es um die Frage: kann eine wiederholte kurzzeitige, oder chronische Trennung von den Eltern die synaptischen Verschaltungen der Nervenzellen im limbischen System verändern? (...)

Als Ergebnis fanden wir, dass die deprivierten Tiere sehr viel mehr Spine-Synapsen besitzen als die Kontrolltiere.

Dies erscheint zunächst verblüffend, weil man vielleicht eher erwartet hätte, dass eine Deprivation¹ zu einer Verminderung von synaptischen Verschaltungen führen sollte. Viele Synapsen im Gehirn sind jedoch nicht notwendigerweise gleichzusetzen mit besonders guten Denk- und Lernleistungen. Es ist nicht so sehr die Quantität sondern eher die Qualität und Spezifität der synaptischen Verschaltungen, die die Leistungen des Gehirns ausmachen. (...)

Die Effizienz eines neuronalen Netzwerkes wird also eher durch die richtige Anzahl, die richtige Kombination und Balance der synaptischen Kontakte determiniert. (...)

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine wiederholte zeitweise oder langandauernde Unterbrechung des Eltern-Kind-Kontaktes, wie wir sie im Labor erzeugen konnten, zu hirnbioologischen Veränderungen führt, die einhergehen mit Veränderungen des Verhaltens.

Zu klären bleibt jedoch noch, ob diese Veränderungen in positive oder in negative Richtung zu interpretieren sind. Eine Interpretation in negative Richtung ist in der folgenden Abbildung skizziert.



Abb. 3: Wechselwirkung: Umwelt - Gehirnfunktion - Verhalten

⇒ Erklären Sie die angeführten Beispiele auf Basis der Überlegungen zur Bedeutung von Interaktionen für funktionelle Reifungsprozesse!

¹ Deprivation:

Skizzieren Sie das dargestellte Tierexperiment, dessen Ergebnis und Interpretation!

2.2 Einfache Elemente – simple Funktionen – komplexe Leistungen

Spitzer: „Jegliches Lernen ist nichts weiter als die Modifikation der Übertragungsstärke an den Synapsen“

2.2.1 Bausteine: Neuronen

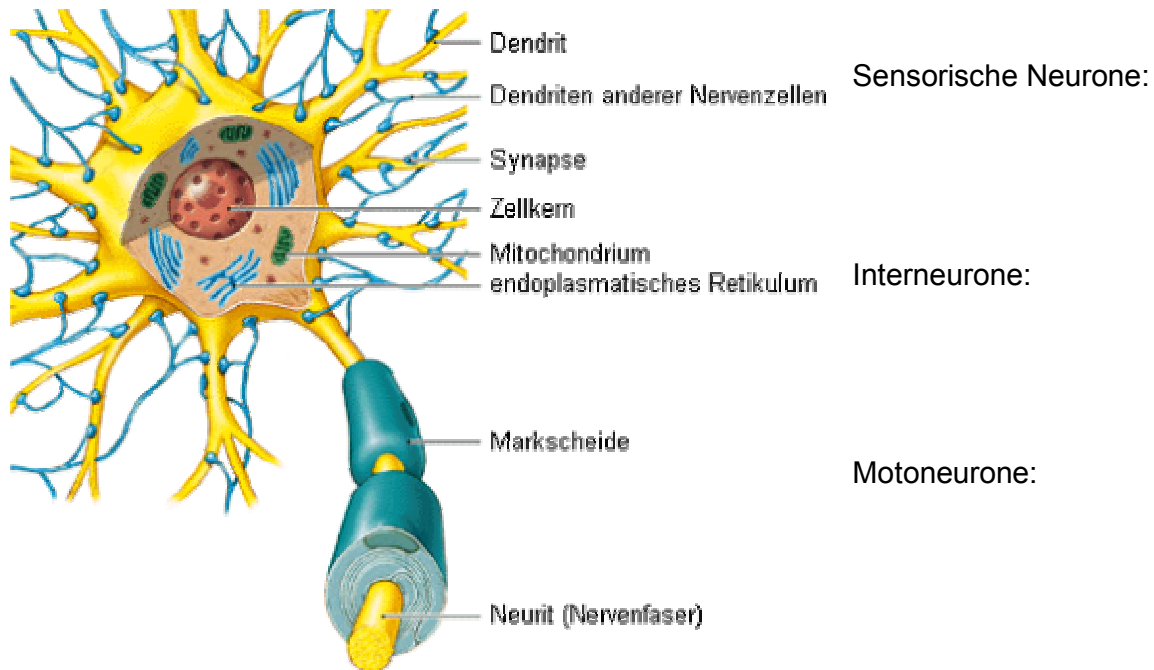


Abb. 4: Grundelement Neuron

2.2.2 Das Gehirn: Rechnen mit Vektoren & Matrizen

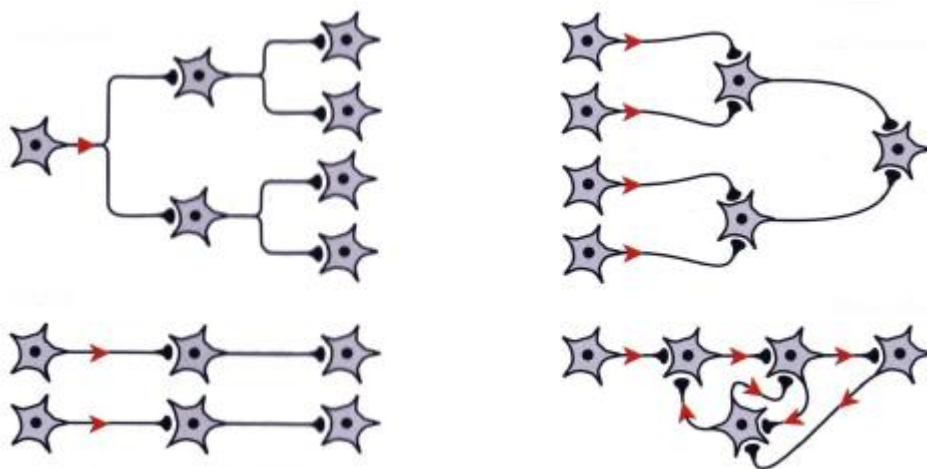


Abb. 5: Neuronale Kommunikationsmuster

2.2.3 Das kognitive & exekutive Gehirn (Roth)

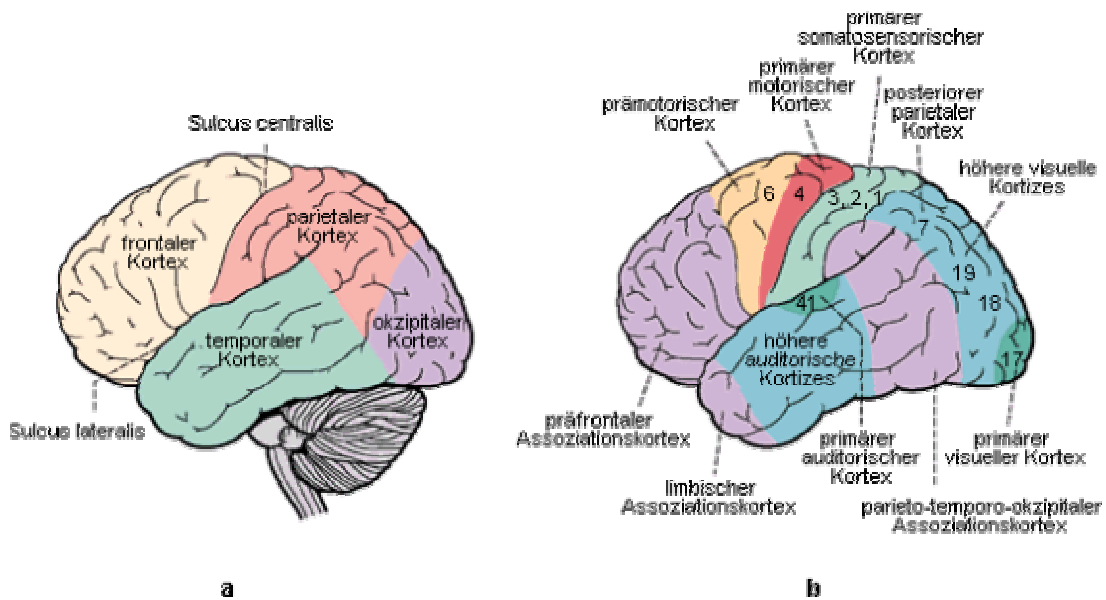


Abb. 6: Sensorische & assoziative Areale

2.3 Ein Code für alles?

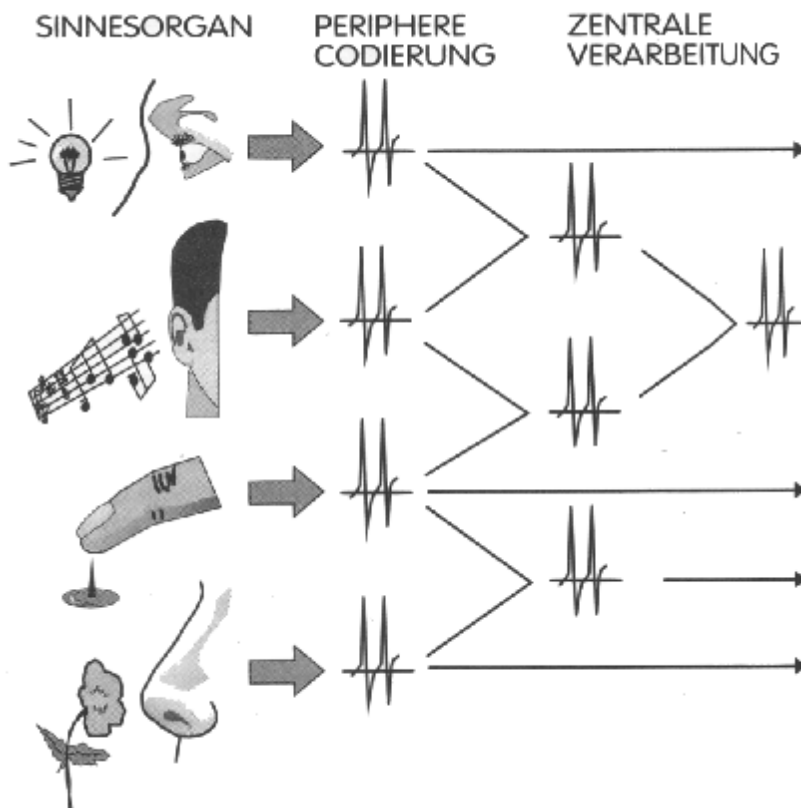


Abb. 7: Neutralität des neuronalen Codes (Quelle: Roth 1998, S. 94)

3 Neurobiologische Grundlagen des Gedächtnisses

3.1 Mandelkern & Seepferdchen

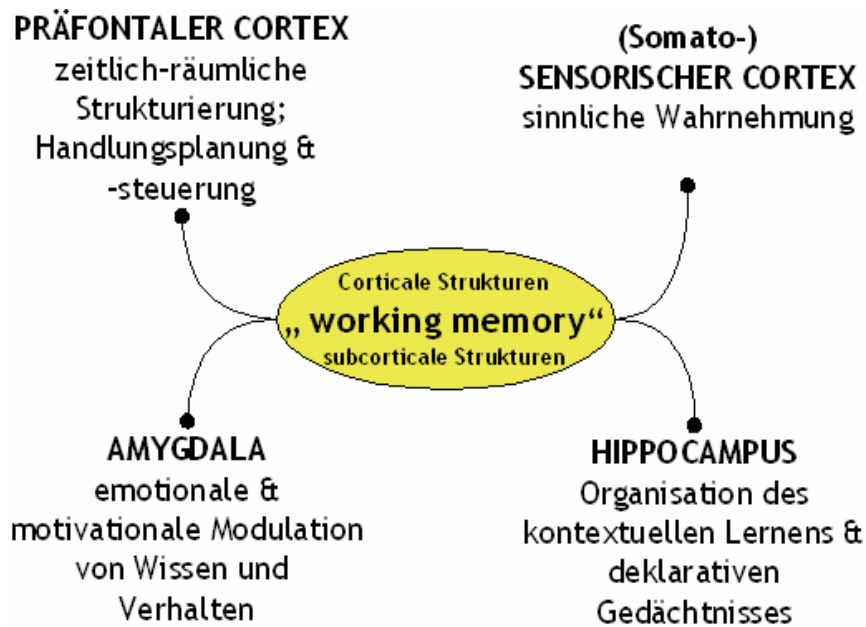


Abb. 8: Corticale & subcorticale Strukturen des Gedächtnisses

3.2 Gedächtnismodell

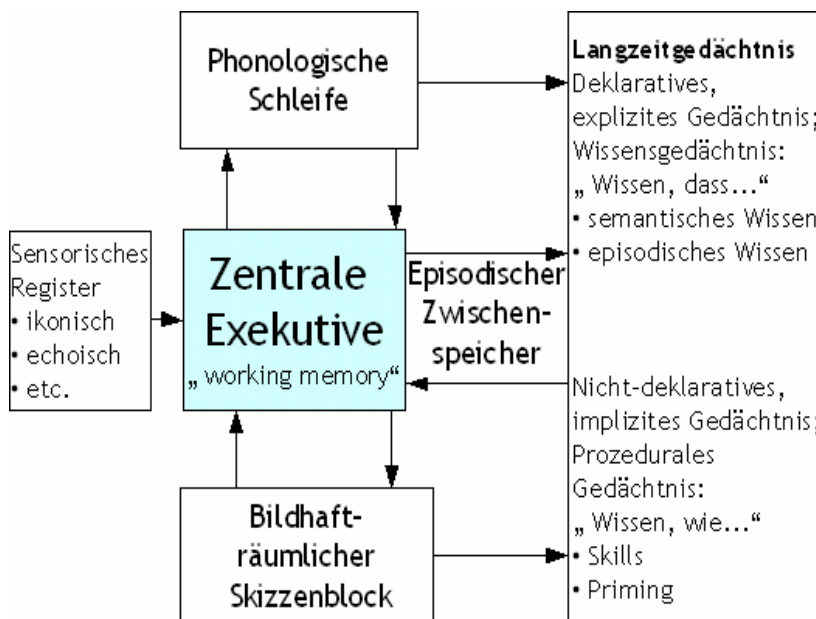


Abb. 9: "Working Memory" (nach Baddeley 2002)

4 „Vom Schüler her unterrichten“ (Wiater) - eine neue Didaktik?

Didaktische Theoriebildung steht vor grundsätzlichen Fragen, wie sich in in der Didaktik theoretisch fassen lässt, „dass

- das Lernen bei jedem einzelnen Schüler ein individueller, dynamischer und selbstaktiver Aufbau von Strukturen des Denkens, Fühlens, Wollens und Könnens ist?
- die Entwicklung dieser Strukturen nur über sinnhafte Kommunikation und Eigenaktivität des Schülers erfolgt, von außen ergehende Anforderungen und Anregungen sie also nur auslösen, nicht aber sicher bewirken können?
- die Aneignung von Lehrinhalten nie allein durch die Kognition, sondern immer zugleich mit der Emotion, der Motorik, der Volotion und der Körperlichkeit des Schülers geschieht?
- die Schule infolge der Enkulturationsaufgabe, die die Gesellschaft ihr zugewiesen hat, jedem Schüler einen Bestand gemeinsamer Grunderfahrungen und Grundkenntnisse abverlangen muss?
- nicht jeder Schüler jederzeit willens und in der Lage ist, von sich aus die eigentlich erforderlichen selbstaktiven Konstruktionsleistungen des Lernens zu vollziehen?“ (Wiater 2000).

„In der neuen Didaktik kann der Lehr-Lern-Prozess nicht mehr als vom Lehrer initiierte Vermittlung eines Sachverhalts an die Schüler gesehen werden. Lehrer und Schüler interagieren vielmehr als personale Handlungssysteme, die wechselseitig über ihre Wahrnehmungsorgane, ihre Emotionalität, ihre Kognition und ihre Körperlichkeit aus dieser Interaktion Bedeutung und Sinn für sich selbst konstruieren“ (Wiater 2000)

4.1 Grundelemente einer neuen Didaktik (WIATER)

Danach sollte eine neue Didaktik drei Grundelemente beinhalten:

subjektorientiert	konstruktivistisch	interaktionistisch
ganzheitlich	kontextuiert	kommunikativ
kohärent	situiert	interaktiv
kompetent	kreativ	sozial
phänomenologisch	komplex	kooperativ
	individuell	kollaborativ

4.2 Problemorientiertes Lernen (Mandl) – ein brauchbarer Ansatz?

Neueren neuro- & kognitionspsychologisch ausgerichteten Lernkonzepten liegt ein konstruktivistischer Lernbegriff zu Grunde. Jeder Mensch nimmt "seine" Wirklichkeit wahr - die Wirklichkeit bildet sich ihm nicht einfach ab. Jeder Mensch konstruiert sich die Wirklichkeit auf der Basis seiner Erfahrungen, seines Wissens, seiner Denkmuster etc. selbst.

Wissen wird demzufolge nicht einfach durch Lehre übernommen, sondern in je eigenständiger Weise aufgebaut. Neue Informationen werden auf der Grundlage vorhandenen Wissens interpretiert. Beim Lernen werden sowohl das ursprüngliche Wissen als auch das neue, anzueignende durch das Individuum verändert.

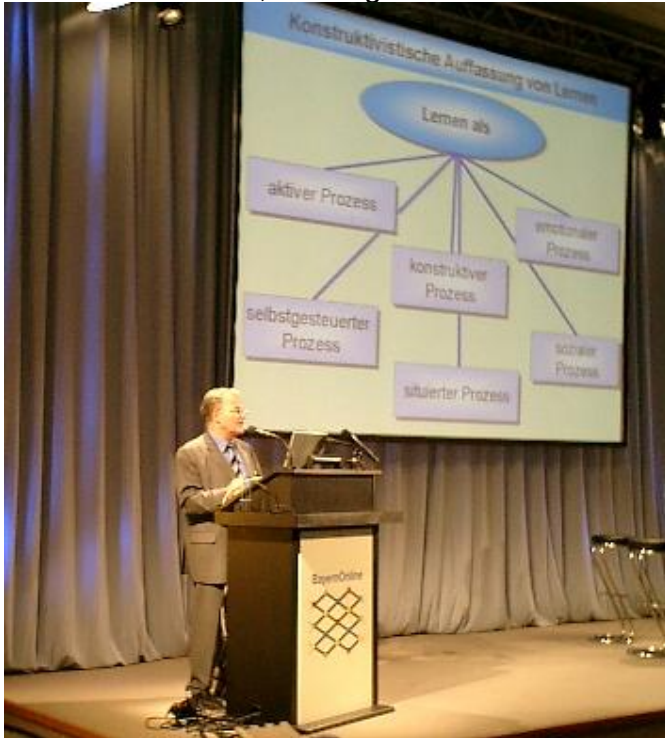


Abb. 10: Konstruktivistische Auffassung von Lernen - Heinz Mandl

Unter Bezug auf konstruktivistische Lerntheorien sind nach Reinmann-Rothmeier & Mandl Lernen und Wissenserwerb zu verstehen als

4.2.1 aktiver Prozess

Erfolgreiches Lernen ist auf intrinsische Motivation, situatives Interesse und die aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit den Lerngegenständen angewiesen. Schüler/innen eignen sich angebotene Lerninhalte nach ihren Regeln und Vorerfahrungen, nach ihren eigenen Verständniszugängen und im Kontext ihrer je individuellen Lebenswelt an.

4.2.2 selbstgesteuerter Prozess

In Bezug auf die Auswahl der Lerngegenstände, die Lernzeit und den methodischen Zugang wird der in hohem Maße vom Lernenden selbst reguliert und kontrolliert. Ein

Mindestmaß an Fremdsteuerung durch den Lehrer gewährleistet die Initiierung und die Kontinuität des Lernprozesses, wenn die Qualität der Selbststeuerung noch nicht im wünschenswerten Rahmen ausgeprägt ist.

4.2.3 konstruktiver Prozess

Der Lernprozess vollzieht sich als individueller Aufbau vielfältiger Bezüge, die in ihrer Vernetzung das Gesamt der Wissensstrukturen ergeben, die wiederum in verschiedenen Situationen, Zusammenhängen, sozialen Kontexten etc. Verwendung finden. Aufgrund unterschiedlichen Vorwissens, persönlicher Neigungen und divergierender Interessenlage folgt daraus eine weitgehend individuelle Interpretation der Wirklichkeit (unterschiedliche Sichtweisen ein und derselben Wirklichkeit).

4.2.4 situativer Prozess

Kenntnisse und Fertigkeiten sollten nach Möglichkeit in Situationen erworben werden, die zumindest strukturell sehr ähnlich dem Anwendungszusammenhang entsprechen, für den diese Kenntnisse und Fertigkeiten relevant sein sollen. Diese spezifischen Kontexte stellen die Grundlage für konkrete Lernerfahrungen und die Aneignung der Lerninhalte dar.

4.2.5 sozialer Prozess

Bleibt letztendlich die Konstruktion und Interpretation von Weltbildern eine rein individuelle Geistestätigkeit, so sind werden sie dennoch durch soziale Prozesse beeinflusst. Der Lernende erwirbt in Gemeinschaft mit anderen Wissen, Fertigkeiten, aber auch Einstellungen, konstruiert interpersonale Beziehungen, entwickelt soziale Kompetenzen. Lernen ist damit immer auch ein kommunikativer Vorgang.

4.2.6 emotionaler Prozess

Wissenskonstruktion ist wesentlich abhängig von der Art und Weise der affektiven Begleitumstände des Lernprozesses. Die Beteiligung des limbischen Systems bei kognitiven Vorgängen sorgt für die emotionale Färbung der Wissensinhalte.

5 Vom Problemlöser zur kompetenten Individuum?



Abb. 11: Kompetenzorientierte Didaktik

6 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Neurodidaktik – Integration von Natur- und Geisteswissenschaft.....	3
Abb. 2: Entwicklung der Synapsen (Quelle: DER SPIEGEL).....	4
Abb. 3: Wechselwirkung: Umwelt - Gehirnfunktion - Verhalten.....	6
Abb. 4: Grundelement Neuron.....	7
Abb. 5: Neuronale Kommunikationsmuster.....	7
Abb. 6: Sensorische & assoziative Areale.....	8
Abb. 7: Neutralität des neuronalen Codes (Quelle: Roth 1998, S. 94).....	8
Abb. 8: Corticale & subcortiale Strukturen des Gedächtnisses.....	9
Abb. 9: "Working Memory" (nach Baddeley 2002).....	9
Abb. 10: Konstruktivistische Auffassung von Lernen - Heinz Mandl.....	11
Abb. 11: Kompetenzorientierte Didaktik.....	12

7 Literatur

Aufschnaiter, C. v. & Aufschnaiter, S.v. (2002). Über den Zusammenhang von Handeln, Wahrnehmen und Denken. In R. Voß (Hrsg.), *Unterricht aus konstruktivistischer Sicht. Die Welten in den Köpfen der Kinder* (S. 233-246). Neuwied u.a.: Luchterhand.

Arnold, M. (2002). *Aspekte einer modernen Neurodidaktik. Emotionen und Kognitionen im Lernprozess*. München: Vögel.

Baddeley, A. D. (2000). The Episodic Buffer: A New Component of Working Memory? *Trends in Cognitive Science*, 4(11), 417-423.

Baddeley, A. D. (2002). Is Working Memory Still Working? *European Psychologist*, 7(2), 85-97.

Braun, A. K. (2001). Die Bedeutung der Umwelt für die Entwicklung des kindlichen Gehirns. *Zeitschrift frühe Kindheit*, 4, [URL: <http://www.liga-kind.de/pages/401braun.htm>]

CRAIK, F. I. M. & LOCKHART, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 11, 671-684.

Eissing, G. & Lach, J. (2003). Evaluation von Ernährungskreis und -pyramide im Schulunterricht. *Ernährungsumschau*, 2, 50-55.

Fernandez, G. & Weber, B. (2003). Fische fangen im Erinnerungsnetz. *Gehirn & Geist*, 2, 68-73.

Friedrich, G. (1995). *Die Praktikabilität der Neurodidaktik. Ein Analyse- und Bewertungsinstrument für die Fachdidaktik*. Frankfurt am Main: Peter Lang.

Friedrich, G. & Preiss, G. (2002). Lehren mit Köpfchen. *Gehirn & Geist*, 4, 64-70.

Kroksmark, T. (1995). Teaching and Teachers' „Didaktik“. *Studies in Philosophy and Education*, 14, 365-382.

Lessmöllmann, A. (2002). Die Suche nach den Narben der Kindheit. *DIE ZEIT* 45/2002 [URL: http://zeus.zeit.de/text/2002/45/200245_p_anna_katharina].

OECD (Hrsg.). (2002). *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*. [URL: <http://www1.oecd.org/publications/e-book/9102021E.PDF>]

- Peterßen, W. H. (2002). *Lehrbuch Allgemeine Didaktik*. (6., völlig veränd., aktualisierte und stark erw. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Preiß, G. (Hrsg.). (1996). *Neurodidaktik. Theoretische und praktische Beiträge*. Herbolzheim: Centaurus.
- Preiß, G. (2001). *Die Bedeutung der Hirnforschung für die Praxis der Kindergarten-Didaktik*. Unveröff. Manuskript.
- Reich, K. (2002). *Konstruktivistische Didaktik. Lehren und Lernen aus interaktionistischer Sicht*. Neuwied u.a.: Luchterhand.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch*. (4., vollst. überarb. Aufl.) S. 601-646. Weinheim: BeltzPVU.
- Rentschler, I. (2002). Wahrnehmen – Werten – Handeln: Biologische Grundlagen einer ästhetischen Bildung. *Politische Studien*, 53/385, 28-42.
- Roth, G. (1998). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*. (2. Aufl.). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Roth, G. (2001). *Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Siebert, H. (2002). *Der Konstruktivismus als pädagogische Weltanschauung. Entwurf einer konstruktivistischen Didaktik*. Frankfurt am Main: VAS.
- Singer, W. (2002). *Der Beobachter im Gehirn. Essays zur Hirnforschung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Spitzer, M. (2002). *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Voß, R. & Reich, K. (Hrsg.). (2002). *Unterricht aus konstruktivistischer Sicht. Die Welten in den Köpfen der Kinder*. Neuwied u.a.: Luchterhand.
- Wiater, W. (2000). *Vom Schüler her unterrichten. Eine neue Didaktik für eine veränderte Schule*. Donauwörth: Auer.

8 Links: World Wide Web



www.gehirn-und-geist.de

Neurodidaktik

www.neurodidaktik.de

Spitzer, M. (2001). Warum geht Hirnforschung uns alle an?

[http://timms.uni-tuebingen.de/jtimms/servlet/list02servlet0?clist=953\\$0.0](http://timms.uni-tuebingen.de/jtimms/servlet/list02servlet0?clist=953$0.0)

Birbaumer, N. (2001). Plastizität des Gehirns – Plastizität des Verhaltens

http://timms.uni-tuebingen.de/jtimms/servlet/Dispatch02Servlet1?resourceid=UT_20010628_001_rvgehirn_0001&mode=e&type=asf320

9 Index: Von A bis Z

Kaspar Hauser	4	Neuronen	3
konstruktivistischer Lernbegriff	9	Synapsen	4
neuronales Netz	4	Vulnerabilität	4