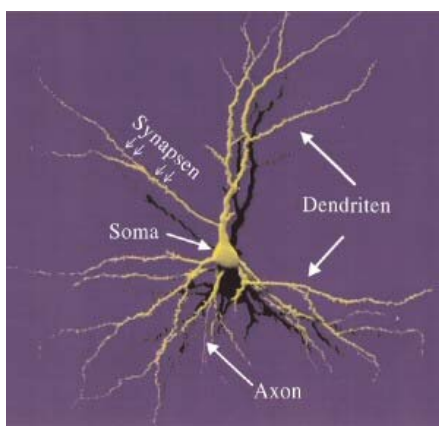


Anne Eckerle

Neurobiologische Forschungsergebnisse über den Zusammenhang zwischen Hochbegabung und psychischen Störungen (z.B. ADS) in der Adoleszenz

1 Vorverständigung

1.1 Einige Hinweise zur Neurobiologie

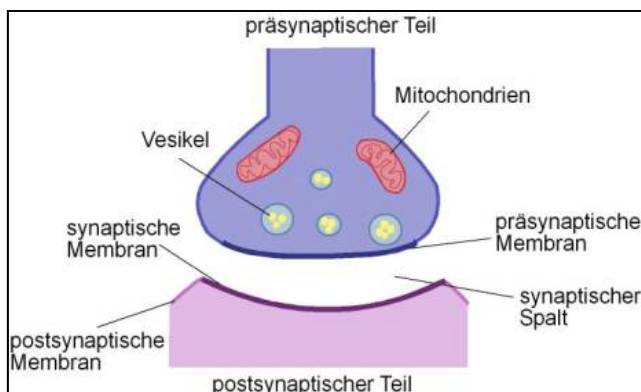


Quelle:
<http://www.netschool.de/lbg/neuropae.htm>

Aufbau und Funktion einer Nervenzelle

Grundsätzlich besteht das Gehirn aus zwei Zelltypen:
 Nerven- und Gliazellen.

Gliazellen dienen der Versorgung von Nervenzellen und sind an der Informationsübertragung beteiligt (wie ist weitgehend noch unbekannt, Leitfähigkeit?)



Quelle:
<http://www.google.de/imgres?imgurl=http://www-classic.uni-graz.at/ipcwww/Elearning/Irn/pchem/data/A01NEB010.jpg> &imgrefurl=http://www-classic.uni-graz.at/ipcwww/Elearning/Irn/pchem/A01NE04.html&h=278&w=466&sz=16&tbnid=83o6MuRXjl6gkM:&tbnh=76&tbnw=128&prev=/images%3Fq%3Dsubsynaptische%2BMembran&zoom=1&q=subsynaptische+Membran&hl=de&usg=__b0YifqXMSvmUXNoUgMB78SWmflg=&sa=X&ei=D666TL20HsLLs wbDp-m5DQ&ved=0CCoQ9QEwBA

Nervenzellen bestehen aus dem Zellkörper mit Zellkern, den Dendriten, an denen die empfangenden Synapsen sitzen, dem Axon an dem einige sendende Synapsen sitzen. An den Übergabestellen (Synaptischer Spalt) unterscheidet man den präsynaptischen und den postsynaptischen Teil.

Vor dem synaptischen Spalt wird die in der sendenden Zelle elektrisch weitergeleitete Information umgewandelt in eine chemische Kodierung. Botenstoffe, die in den Vesikeln bereit stehen, durchdringen die präsynaptische Membran und docken an Rezeptoren der postsynaptischen Membran an. Nach diesem Übertritt wird die chemische Kodierung erneut in eine elektrische umgewandelt und in der nächsten Nervenzelle weiter geleitet.

Die Botenstoffe (Neurotransmitter) werden in der Nervenzelle synthetisiert (auch in den Dendriten, nahe den Synapsen). Ein komplexer chemischer Mechanismus bestimmt, ob Hemmung oder Weiterleitung stattfindet, wie lang die Postsynaptische Membran aufnimmt, wieviel von den Neurotransmittern im synaptischen Spalt wieder eingefangen wird, bevor es die postsynaptische Membran erreicht ...

1.2 Lernen ist Aktivität

Unsere Sinnesorgane übermitteln uns Reize, unser Gehirn liefert – aufgrund unserer Vorerfahrung - die Interpretation, diese heißt Wahrnehmung. Unser Verhalten basiert auf der Interpretation, nicht auf dem Reiz. Die Interpretation ist eine Hypothese über die Bedeutung des Reizes.

Verfolgt man den Prozess der Interpretation mit dem Mikroskop, dann sieht man die Neurone miteinander über elektrische und chemische Signale kommunizieren. Der Austausch findet über die verschiedenen Hirnregionen statt, er ist nicht auf ein spezifisches Areal beschränkt, Lernen und Gedächtnis haben keinen Ort, sondern bestehen aus Kommunikation von Aktionspotentialen – elektrischen Signalen, die durch den Reiz ausgelöst werden.

Diese Vorstellung von der Wahrnehmung ist uns nicht erst mit der Neurobiologie zugewachsen. In den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts hat Jerome Bruner die Hypothesentheorie der Wahrnehmung entwickelt. Danach löst ein Reiz ein Muster aus, der Wahrnehmende sucht in der Realität nach dessen Komponenten; werden diese gefunden, führt das Muster zur Interpretation, werden sie nicht gefunden, kommt es zur erneuten Analyse des Reizes und zu einer veränderten Wahrnehmungshypothese.

Je vertrauter das Wahrzunehmende ist, desto rascher wird es interpretiert. Dabei sind Varianten kein Hindernis, ein Muster ist allgemein und bindet eine Vielfalt von Einzelem. So bieten Cornflakes, Brötchen, Müsli, Butterbrot, gekochte Eier ... Anlass zur Interpretation Frühstück. Eine Baracke, ein vierstöckiges Mietshaus, eine Villa, ein Hochhaus werden als Haus interpretiert. Ein Kind in den ersten Monaten besitzt noch keine Muster, es wird die Oberbegriffe „Häuser“ und „Frühstücke“ nicht zur Reduktion des vielfältig Wahrgenommenen einsetzen können, sondern einzelne Eindrücke speichern. Unter dieser Voraussetzung bietet die Welt aber unendlich viele Informationen, das Gehirn wird nach der Geburt überschwemmt mit Wahrnehmungen, die jede für sich erstmalig sind.

Das Gehirn des neugeborenen Kindes reagiert auf diese Herausforderung mit einem dramatischen Synapsenwachstum (Verdickung des Cortex). Seine Welt baut sich aus Erstbegegnungen zusammen, die erst allmählich in Begriffen abstrahiert oder in Konzepten verdichtet werden. Je mehr Begriffe oder Konzepte (also Muster) das Kind anlegen kann, desto mehr wird Wahrnehmung zu (Wieder-) Erkennung. Während sich in der Phase der Erstbegegnungen das Synapsenwachstum beschleunigt, kommt es mit zunehmendem Mustererwerb zum Stillstand und schließlich zur Rückbildung. Muster reduzieren die Vielfalt, sie ökonomisieren die

Wahrnehmung und steigern die kognitive Leistung. Verdickung des Cortex weist also auf Anhäufung hin, Abflachung auf Verarbeitung.

Ab dem dritten Lebensjahr bis zur Pubertät – unterbrochen durch eine individuell unterschiedlich ausgeprägte erneute Phase von Verdickung und Abflachung (vgl. unten) – reduziert sich die übermäßige Synapsendichte der frühen Kindheit auf diese Weise.

Aktivität heißt hier also: Der wahrgenommene Reiz wird nicht passiv erlebt, sondern aktiv interpretiert. Die Menge der zusammenkommenden Wahrnehmung wird weiter verarbeitet, Wissen kommt nur zum kleinen Teil durch eine Form der Kommunikation mit dem „Außen“ zustande, sondern entsteht zum größten Teil durch Verarbeitung im „Innen“. Das läßt bereits die Vermutung aufkommen, dass die Lernentwicklung viel damit zu tun hat, dass ein Kind die innere Aktivität erbringen kann und will.

1.3 Lernen ist mit Emotionen verbunden

Die Zuwendung einer Leserin zu diesem Text läßt - zum Beispiel - vermuten, dass der im Titel signalisierte Kontext für sie einen Sinn hat, d.h. dass sie ihn mit ihren Erfahrungen verknüpft und daraus Erwartungen und Ziele/Wertungen entwickelt hat. Diese sind die Portale, durch die der Text sie erreicht. Vielleicht liest sie im Verlauf eine Information, die bei ihr „zündet“, weil sie vorhandenes Wissen bedeutsam ergänzt oder in ein neues Licht stellt oder dessen Problematik verringert Dann werden im Gehirn Botenstoffe ausgeschüttet, die die Leserin wach machen und in eine positive Stimmung versetzen. Sie hat „inter-esse“, die Information des Textes ist zwischen ihren gespeicherten Informationen. Sie wird mit großer Wahrscheinlichkeit im Langzeitgedächtnis behalten, während Anderes, was auch noch im Text steht, entweder vorbei rauscht oder nach kurzer Zeit absinkt. Je mehr eine Information das persönliche Wissen, die „Dollpunkte“ und offenen Fragen einer Leserin trifft, desto besser wird deren Gedächtnis sie aufbewahren; dabei wird sie in individuell je andere Zusammenhänge eingelagert und damit von Leser zu Leserin inhaltlich variiert. Leser dieses Textes werden also subjektiv alle einen anderen Text lesen.

Emotionen werden also durch die Passung von Gewusstem und Neuem ausgelöst (Relevanz). Wissen ist Voraussetzung von Interesse, nicht umgekehrt. Aus der positiven Stimulierung des Gehirns durch Neurotransmitter entsteht im guten Fall eine verallgemeinerte Erfahrung, dass Lernen Freude macht.

1.4 Konzeptualisierung

Die Muster, die verschiedene Komplexität aufweisen können, werden Strukturen, Konzepte oder Schemata genannt. Sie sind die Werkzeuge der kognitiven Wahrnehmung. Das Lernen von Strukturen ist gleichbedeutend mit der Entwicklung des Denkens. Hirnphysiologisch bedeuten diese Begriffe, dass bei wiederholten Erfahrungen, die sich ähnlich sind, die durch die Sinnesreize aufgerufenen Aktionspotentiale gebündelt werden und in Zukunft auch dann gemeinsam starten, wenn der ein oder andere erwartete Reiz ausbleibt. Die Sinnesreize müssen also nur noch sparsame Anhaltspunkte dafür geben, dass ein Muster erfüllt werden könnte, um die Wahrnehmungshypothese auszulösen und entsprechende Beobachtungsleistungen – aktive Vergewisserung – in Gang zu bringen.

Sind die Informationen in solchen gebündelten Aktionspotentialen organisiert und im Langzeitgedächtnis erreichbar, können sie bei Bedarf in das Arbeitsgedächtnis zurückgeholt werden. In dieser Situation wird das früher Gelernte in neuem Zusammenhang aufgenommen und

variiert. Bei ständiger gedanklicher Aktivität wird auf diese Weise das Gelernte immer wieder aktiviert und variiert, hirnpfysiologisch gesprochen: Die Bündelung der Aktionspotentiale wird stabilisiert und mit Kontext angereichert. Erst dieses willentliche Auffinden von vielen verschiedenen Denkanlässen aus begründet die Nützlichkeit des Gelernten beim Lösen von Problemen und gewährleistet seine Gedächtnisstabilität.

1.5 Übernahme in das Langzeitgedächtnis

Dass Lernen an Aktivität gebunden ist, wird den Kindern zum Verhängnis, die aus bestimmten Gründen einem Lernangebot von außen eine Zuwendung von innen nicht entgegenbringen können oder wollen. Bei den hochbegabten Kindern und Jugendlichen, die wir in unsere Förderschule für verhaltensgestörte Hochbegabte aufnehmen, beobachten wir, dass ihnen die Aktivität beim Lernen nicht gelingt. Ihnen gelingt es nicht, „inter-esse“ herzustellen, weil sie sich aus dem Lernen zurückgezogen haben. Ihre Muster sind still, sie mischen sich nicht zum Erkennen ein. Auf der Verhaltensebene wirkt das wie fehlende Aufmerksamkeit. Verstärkt wird die Lethargie der Muster durch eine erworbene Verdrossenheit gegenüber unterrichtlich organisiertem Lernen. Sie reagieren mit negativen Erwartungen: Irrelevanz, Misserfolg, Langeweile. Die Abfolge von Anstrengung und Erfolg/Belohnung ist ihnen nicht vertraut, sie vermeiden daher die Anstrengung und damit das Aufkommen von positiver Emotion. Sie bieten das Bild von Lernbehinderten bei potentiell hoher Effizienz der kognitiven Vorgänge.

2 Was kann Kinder, deren Gehirn doch auf Lernen ausgerichtet ist - und das sind alle - am Lernen hindern?

2.1 Antwort Bindungsrepräsentation

Eine in den letzten fünfzehn Jahren viel beachtete Antwort versucht die Bindungstheorie. Sie geht auf die Arbeiten von John Bowlby aus den 50er Jahren zurück. Im Wesentlichen handelt sie von dem Zusammenhang zwischen frühkindlicher primärer Bindungserfahrung und einem daraus entstehenden Inneren Arbeitsmodell für späteres Bindungsverhalten. Dieses Innere Arbeitsmodell sei eine Grundlage für die Entwicklung der Persönlichkeit und der intellektuellen Tüchtigkeit, die weitgehend stabil bleibe, wenn auch spätere bedeutungsvolle Bindungen noch zu Modifizierungen führen könnten (vgl. dazu die 2004 abgeschlossene Dissertation über die Zusammenhänge zwischen Bindungstyp, Explorationsverhalten und ausgewählten Persönlichkeitsaspekten hochbegabter Kinder von Jonna Gaertner, München).

Das Arbeitsmodell setzt die repräsentierten Erfahrungen, die ein Kind mit der Verfügbarkeit und Feinfühligkeit seiner frühen Bezugspersonen gemacht hat, ein, um aktuelle Situationen einzuschätzen. Es führt zu Erwartungen über das Verhalten Anderer und zu Planungen, wie das eigene Verhalten organisiert werden soll. Seine Wirkung geht dabei - weit über die Beziehungsebene hinaus - bis hin zu den Möglichkeiten eigenständigen Handelns und Denkens.

Um das näher zu verstehen hier zunächst ein Schema der Bindungstypen und einiger wichtiger Merkmale und Folgen:

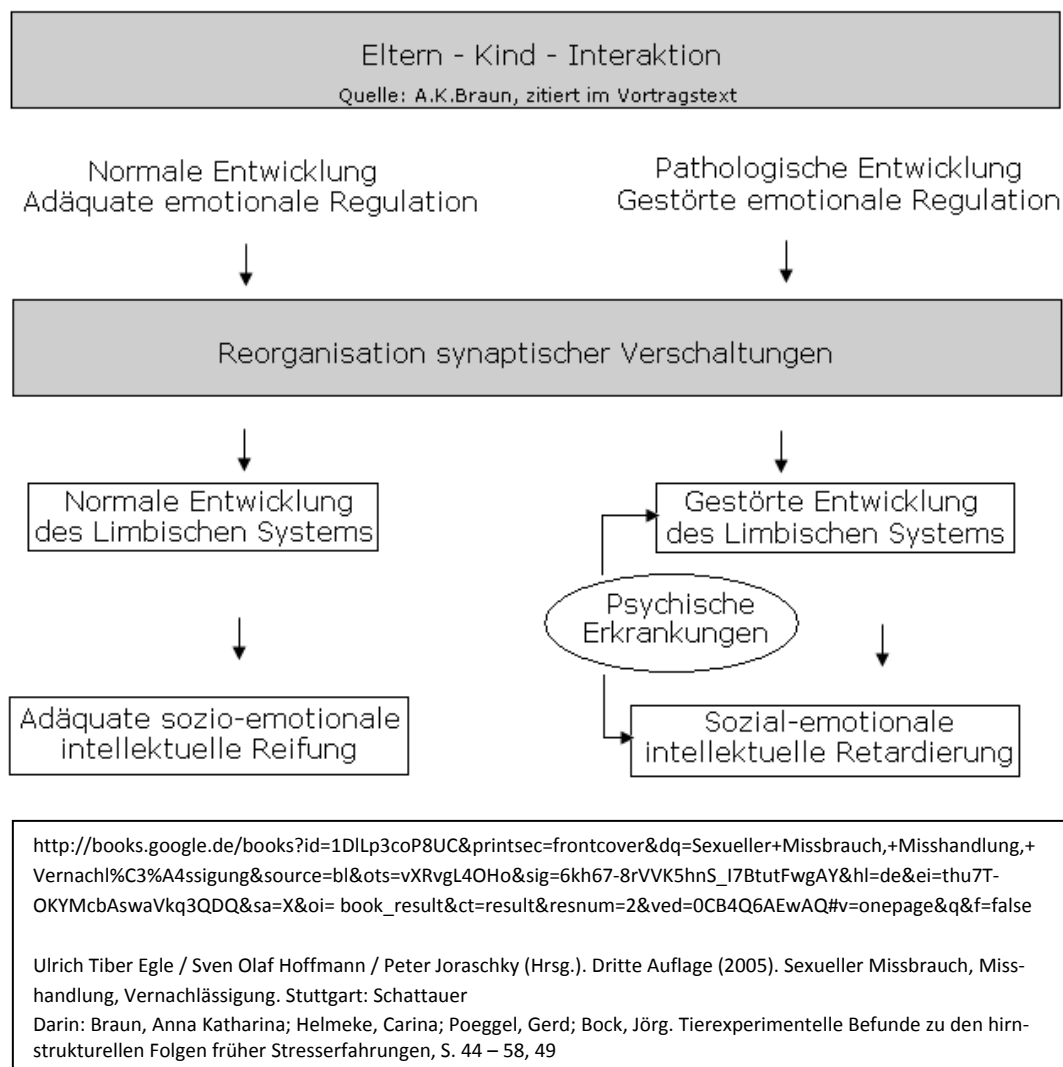
Bindungstypen	Frühkindliche Erfahrung	Spätere Auswirkung
Sichere Bindung	Diese Kinder setzen großes Vertrauen in die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Bindungsperson und explorieren bei deren Anwesenheit ungestört.	Besseres Verständnis für Emotionen anderer Engere Freundschaften Soziale Beliebtheit Schulerfolg
Unsicher vermeidende Bindung	Unsicher-vermeidend gebundene Kinder haben die Bindungsperson als zurückweisend verinnerlicht. Um diese Zurückweisung zu vermeiden, vermeiden sie Nähe zu ihr.	Verbergen ihre Emotionen antizipieren ungünstige Reaktion Anderer
Unsicher ambivalente Bindung	Unsicher ambivalent gebundene Kinder erleben ihre Bindungsperson als unberechenbar und widersprüchlich und entwickeln daraus ein Bedürfnis nach Vergewisserung und Kontrolle	Versuch, Aufmerksamkeit zu erreichen Selbstüberforderung oder Verweigerung Überanpassung oder Opposition
Desorganisierte Bindung	Kleinkinder sind lange Zeit nicht in der Lage, eine klare Bindungsstrategie zu entwickeln und ihre Erwartungen an die Bindungsperson in einem Arbeitsmodell abzubilden.	Ambivalenz zwischen Versuch von Nähe und Bedürfnis nach Abwendung

Mit dem Typus „Sichere Bindung“ verbinden sich die Merkmale der Person, die sozial positiv gewertet werden. Der unsicher-vermeidende Typus hat geringes Selbstwertgefühl und wird Handeln unter Unsicherheit und damit exploratives Verhalten meiden. Der unsicher-ambivalente Typus wird die mangelnde Berechenbarkeit der Zuwendung unter Kontrolle zu bringen versuchen. Sein Bindungsbedürfnis ist verstärkt aktiv.

Es ist unmittelbar anschaulich, dass ein Kind, das sein Bindungsbedürfnis verstärkt erlebt, nicht die Bindungsperson verlässt, um die Welt zu untersuchen. Wer sich der Zuwendung der Bindungsperson sicher ist, kann sich vorübergehend von ihr entfernen, denn sie wird ja bleiben. Wer unsicher ist, muss den Kontakt zur Bindungsperson unter Kontrolle halten, kann also ein Bedürfnis nach eigenständiger Exploration der Welt außerhalb der Bindung nicht ausleben. Bowlby sieht Bindung und Exploration als komplementär. Beides kann nicht gleichzeitig sein. Exploration entfernt vom Vertrauten und führt hinein in Unbekanntes.

2 Was kann Kinder, deren Gehirn doch auf Lernen ausgerichtet ist - und das sind alle - am Lernen hindern?

2.2 Antwort Frühkindlicher Stress und Fehlschaltungen im Gehirn



Anna Katharina Braun, Lehrstuhl für Neurobiologie an der Universität Magdeburg, befasst sich seit Jahren mit dem Zusammenhang zwischen Verlauf der frühen Kindheit und der Gehirnentwicklung. Die Grafik verbindet unmittelbar die Ergebnisse der Bindungsforschung mit neurobiologischen Befunden. Am Eingang des Verlaufs steht die Eltern-Kind-Interaktion, am Ausgang die sozio-emotionale und intellektuelle Reifung des Kindes. Im Verlauf werden die Erfahrungen verarbeitet und in Hirnstrukturen umgesetzt, die das Kind in dieser Zeit macht - im Alter zwischen 6 und 18 Monaten, der Zeit, in der sich das Limbische System ausbildet. Frau Braun schreibt dazu:

S. 55 f. „Zusammengefasst weisen die tierexperimentellen Befunde klar darauf hin, dass durch Stress und traumatische Erlebnisse eine fehlerhafte Verschaltung des limbischen „Belohnungssystems“ ausgelöst werden kann. Sie kann auf längere Zeit sowohl emotionale und soziale Verhaltensstörungen verursachen, als auch zu einer eingeschränkten Lernfähigkeit durch verminderte bzw. veränderte, eventuell sogar abgestumpfte „Belohnungsfähigkeit“ führen. Jeder Lernerfolg, jedes „Aha-Erlebnis“ wird belohnt, indem

es ein Glücksgefühl auslöst, welches, wie im Tierexperiment gezeigt werden konnte, über die Ausschüttung körpereigener „Glücksdrogen“, unter anderem des Dopamin, vermittelt wird (Stark et. Al. 2001). Sind diese Systeme nicht normal entwickelt, könnte dies zu nachhaltigen Verhaltens- und Lernstörungen führen. Längerfristig kann diese Dysfunktion des „Belohnungssystems“ z.B. in Ersatzhandlungen wie Sucht nach Drogen ... münden, mit denen das „Belohnungssystem“, wenn schon nicht auf normalem Wege, wenigstens dann chemisch aktiviert wird (Kosten et.al. 2000).“

Frau Braun nennt verschiedene Wirkungen – emotionale und soziale Verhaltensstörungen und Einschränkungen der Lernfähigkeit – und führt sie auf eine gemeinsame Ursache zurück, die fehlerhafte Verschaltung des Belohnungssystems. Auf der Verhaltensebene gehören dazu u.a.:

- Behinderung von Anstrengung, weil entweder der Erfolg nicht zu Zufriedenheit führt oder gar nicht erwartet wird (Antriebslosigkeit, Wegschalten, Verweigerung)
- Einschränkung bei sozialen Kontakten, weil entweder keine positive oder sogar negative Resonanz erwartet wird (Vermeidung oder Aggression) oder die Ansprüche an Kontrolle zu intensiv sind (zu große Nähe, Ambivalenz)
- Geringe emotionale Selbststeuerung, Spontaneität der Gefühle oder Vermeiden von Gefühlen (coolness)
- Schwierigkeiten mit Bedürfnisaufschub (Fehler bei der Zielorientierung)
- Niedriger Selbstwert (Selbsthass, suizidale Tendenz, Schuld und Scham)

Diese Persönlichkeitsmerkmale können sich in unterschiedlichen Intensitäten und Mischungen zu Bildern zusammen setzen, die die diagnostischen Kriterien der meisten Verhaltensstörungen enthalten. Für das Lernen – das Aktivität voraussetzende Lernen – führt eine Störung des Belohnungssystems zum Erliegen der Anstrengungsbereitschaft.

Erwähnen will ich hier eine eindrucksvolle Studie aus Harvard, über die Martin H. Teichler bereits 2006 in Gehirn und Geist berichtet hat (Dossier 2, Wunden, die nicht verheilen, S. 46 – 53). Sie kommt zu den gleichen Ergebnissen wie Frau Braun, zeichnet aber eine dichte kausale Linie der Entwicklung (einer Borderline-Störung) und kommt zu einer ungünstigen Verlaufsprognose.

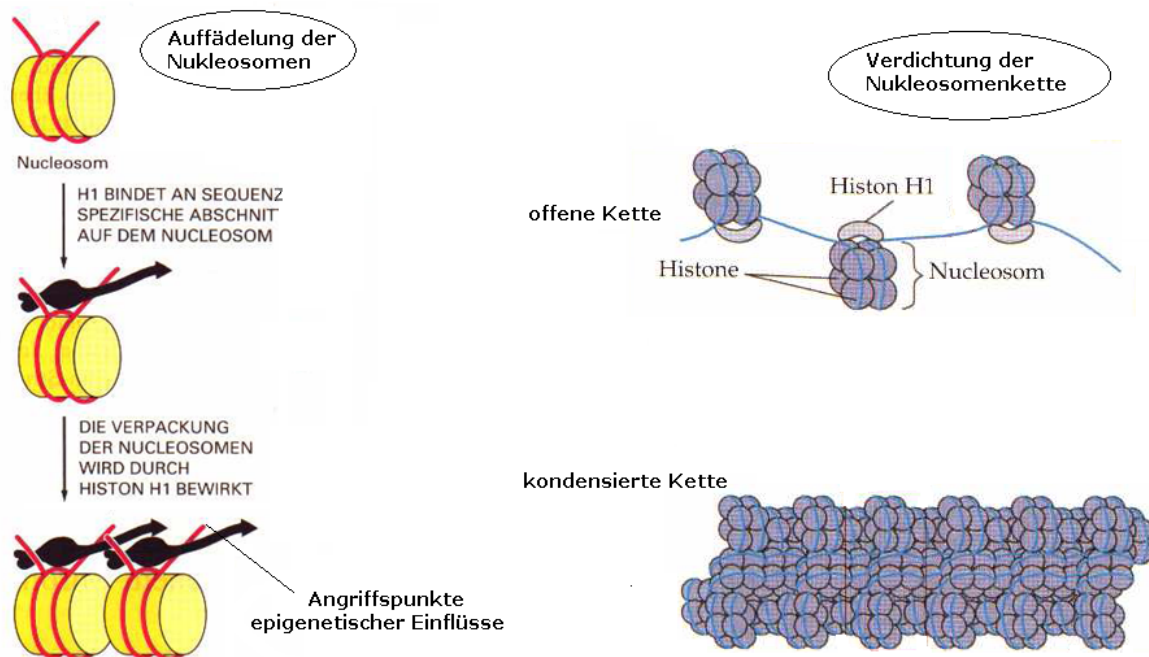
2 Was kann Kinder, deren Gehirn doch auf Lernen ausgerichtet ist - und das sind alle - am Lernen hindern?

2.3 Antwort Epigenetische Fixierung

Weshalb aber sind die fehlerhaften Verschaltungen der frühen Phase so robust? Das Gehirn ist ja plastisch und formt sich auch später noch entsprechend den tatsächlichen Erfahrungen.

Im Max-Planck-Institut für Psychiatrie und in der Universität Magdeburg wurden überraschende Antworten darauf gefunden, Antworten, die zur Revision von Wissen, das lange als gesichert galt, zwingen. Durch die Aktivierung der neuronalen Netzwerke können die Informationen im Zellkern beeinflusst werden. Zellwachstum und Vernetzung werden dadurch beeinflusst. Die Plastizität des Gehirns reicht so weit, dass Veränderungen im Erbgut festgeschrieben werden können. Die Erfahrungen geben Anweisungen, wie die genetischen Informationen zur Wirkung kommen sollen.

Diese Erkenntnis ist Anliegen der seit wenigen Jahren betriebenen epigenetischen Forschung.



Quelle: Montage von Bildern aus http://www.unet.univie.ac.at/~a0106572/skripten+_zeugs/histone.pdf

Die epigenetischen Markierungen wirken wie ein Kontrollsystem der Gene, das sie ein- und ausschaltet. Das erfolgt über Veränderungen an den Enden der DNA-Sequenzen oder an den Histonen/Proteinen, die sie verpacken. Diese Veränderungen legen bestimmte Bereiche des Erbgutes still oder öffnen sie für leichteres Ablesen und erhöhen damit deren Wirkung.

Epigenetische Mechanismen werden in vielen Forschungseinrichtungen an Nagetieren erforscht. Dabei geht es immer um Formen von frühkindlichem Stress (Gewalterfahrung, Trennung von der Mutter) und das Verhalten der Tiere im Erwachsenenalter. An Menschen gibt es Forschungen mit Selbstmordopfern, bei denen Veränderungen gefunden wurden, die denen der erwachsenen Versuchstiere ähnlich sind (McGill-Department of Pharmacology and Therapeutics, Montreal). Man geht insgesamt davon aus, dass die Ergebnisse von Tierversuchen auf Menschen übertragbar sind.

Über die Vererbbarkeit von epigenetischen Prägungen wird viel geforscht und Widersprüchliches berichtet. So wird im Biotechnologie und Life Sciences Portal Baden-Württemberg ausgeführt, dass die Information bei den Nachkommen während der Zellspezialisierung in der Regel gelöscht werde (<http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00151/index.html>, ohne Autor). Junko Arai von der Tufts University in Boston schreibt dagegen im Fachmagazin "Journal of Neuroscience" (Bd. 29, S. 1496) über Forschungen seines Instituts über epigenetische Vererbung. Spiegel online Wissenschaft wertet seine Ergebnisse als spektakulären Nachweis über die epigenetische Vererbung (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,605447,00.html>).

Für unser Thema ist an diesem Bericht aus Boston etwas Anderes von größtem Interesse: Arais Team hat jungen Mäusen, die ein defektes Gen, das das Erinnerungsvermögen beeinträchtigt, hatten, eine anregende Umgebung geboten. Damit konnte er die Prägung unwirksam machen, die Mäuse verhielten sich normal. (Spuren der Prägung zeigten sich aber wiederum bei ihrem Nachwuchs.) Die Plastizität des Gehirns, seine Formbarkeit durch Erfahrung, ist also auch unter der Annahme von Vererblichkeit nicht ausgeschaltet. Therapeutische und pädagogische Interventionen haben hier eine Chance auch gegen epigenetische Prägung. Natur-

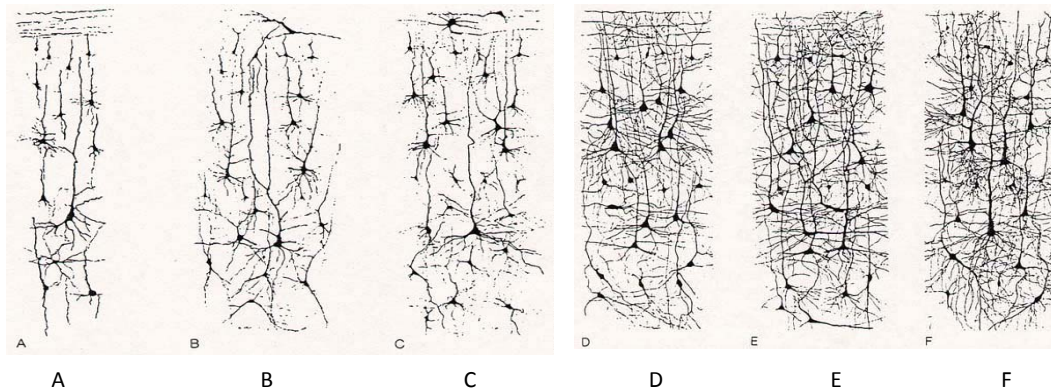
lich gilt umgekehrt auch, dass die epigenetische Prägung eines Elternteils wieder erneut als Erfahrung den Kindern entgegentritt, so dass ein ungünstiges Bindungsgeschehen bzw. eine erneute epigenetische Prägung zu erwarten sind. Vererbung und Prägung sind kaum gültig zu unterscheiden.

2 Was kann Kinder, deren Gehirn doch auf Lernen ausgerichtet ist - und das sind alle - am Lernen hindern?

2.4 Antwort Neurobiologische Entwicklung

Bei allen Kindern, so wurde oben berichtet, findet im Gehirn ein dramatisches Synapsenwachstum statt, sobald die Erfahrung ausserhalb des Mutterleibes einsetzt. Der Cortex verdickt sich. Etwa ab dem dritten Lebensjahr flacht er zunächst wieder ab.

Gehirnentwicklung



- A) Geburt
- B) nach einem Monat
- C) nach drei
- D) nach sechs
- E) nach 15
- F) nach 24 Monaten

Abgebildet ist ein Ausschnitt aus der Großhirnrinde

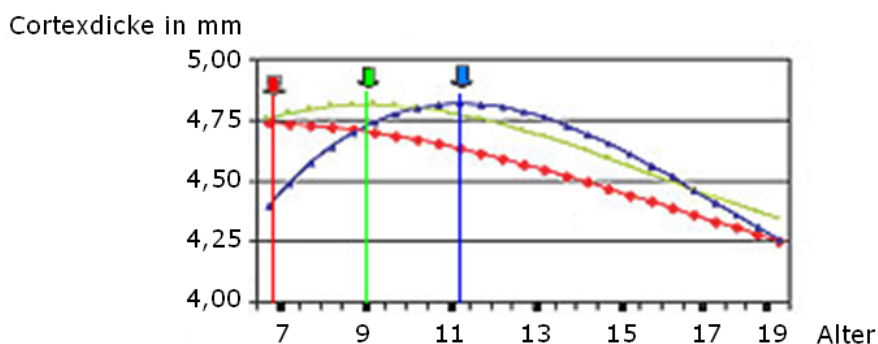
Was anatomisch als Abnahme der Cortex-Dicke in Erscheinung tritt, bedeutet kognitiv die Reorganisation des vielen Einzelwissens in Begriffen, Strukturen und Konzepten. Das Gedächtnis verschafft sich durch Lernen eine ökonomische Struktur. Durch die Integration des Einzelwissens in Allgemeines werden Synapsen entbehrlich und werden abgebaut. Es ist sehr, sehr wichtig, sich diesen Prozess klar vor Augen zu führen: Das Kind schafft sich ein System von Mustern, mit dem es Einzelwissen einfängt. In Zukunft hängt es von diesen Begriffen und Konzepten ab, welche Bedeutung das Kind in den Informationen erkennt und ihnen zuweist, wie organisiert neues Wissen abgelegt und wiedergefunden wird und wie effizient das Gedächtnis arbeitet.

Was beim sehr jungen Kind allgemein gilt, differenziert sich in einer zweiten Phase der Cortex-Verdickung, der Zeit des Schuleintritts. Hier ergeben sich erstaunliche Unterschiede. Der Verlauf von Verdickung und anschließender Abflachung ist nach Ausmaß, Zeitpunkt und

Zeitdauer verschieden, und zwar in Abhängigkeit von der Intelligenz. Die durchschnittlich und schwächer Begabten erreichen ihr Maximum bereits knapp unter sieben Jahren, die überdurchschnittlich Begabten mit neun Jahren und die höher und hochbegabten mit etwas mehr als 11 Jahren.

Unterschiede in der Gehirnentwicklung in Abhängigkeit von der kognitiven Leistungsfähigkeit

Die Unterschiede sind an verschiedenen Stellen des Cortex unterschiedlich ausgeprägt. Die Grafik zeigt eine Region des Gehirns, in der die Unterschiede ein Maximum erreichen, den rechten Stirnlappen.



Scheitelpunkte

rot: 6 Jahre, 10 Monate / grün: 9 Jahre / blau: 11 Jahre, 1 Monat

Quelle: P. Shaw, D. Greenstein, J. Lerch, L. Clasen, R. Lenroot, N. Gogtay, A. Evans, J. Rapoport and J. Giedd (2006). Intellectual Ability and Cortical Development in Children and Adolescents, Nature 440, 676-679

Wie die Grafik zeigt, starten die Hochbegabten von einem Stadium geringerer Dicke, d.h. höherer Organisiertheit aus in die Entwicklung, erreichen absolut betrachtet in kürzerem Verlauf, im Verhältnis zu den anderen Gruppen aber etwa zwei bzw. vier Jahre später den Scheitelpunkt des Verlauf und nähern sich dann der Cortexdicke der anderen Beobachtungsgruppen im jungen Erwachsenenalter an.

In der neurobiologischen Forschung fallen in dichter Folge Ergebnisse an. Oft können die Wissenschaftler selbst sie nur unzureichend deuten, ihre Mitteilung bezieht sich oft nur darauf, dass etwas so sei. Die Übersetzungen von anatomischen und physiologischen Befunden auf die Verhaltensebene, die Psychologen untersuchen, ist eines der Risiken der explodierenden neurobiologischen Forschung. Hier fällt viel Unsinn an. Die Verlässlichkeit der empirischen Daten ist auf deren psychologische Deutung nicht übertragbar. Die Ergebnisse von Shaw und Mitarbeitern werden in vielen Forschungszentren beachtet. Shaw selbst gibt nur an, dass der besondere Verlauf bei Hochbegabten vermutlich der Ermöglichung besonderer Leistungsfähigkeit diene. Das ist logisch, aber nicht inhaltlich. Wir wollen ja wissen, was welches Stadium und welcher Verlauf bedeuten.

Es ist immer geboten, die einfachsten Lösungen als erstes zu prüfen. Bei den Ergebnissen von Shaw heißt das, dass vergleichbare Verläufe auch vergleichbare Bedeutung haben. Shaw hat in seiner Einrichtung Kinder zwischen sechs und 19 Jahren in einer Längsschnittstudie untersucht (etwa 450). Ihm hat sich die Wiederholung von frühkindlicher Verdickung und Abflachung also nicht geboten, daher ist er auf einen Vergleich nicht eingegangen. Anzunehmen

ist, dass der Cortex auf die gleiche Struktur der Realität reagiert hat, nämlich auf eine erneut eintretende übermäßige Lernherausforderung.

Ein Versuch, dieses Ergebnis auf der psychologischen Ebene zu interpretieren, sollte dicht an den Funktionen bleiben: Die Verdickung erweitert Speicherkapazität, sie erfolgt relativ spät und von einem flacheren Ausgangsniveau aus; die Abflachung zeigt Organisation/Konzeptualisierung an, sie erfolgt zeitversetzt verspätet. Daraus muss geschlossen werden, dass bei den hochbegabten Kindern in der frühen Gymnasialzeit die kognitive Organisation/Konzeptualisierung im Vergleich zu ihren Altersgleichen schwächer ist und das vom Durchschnitt abweichende Verhältnis von Gedächtniskapazität und Reduktionsfähigkeit sich auf das Lernverhalten auswirken kann.

- Vereinbar mit dieser Interpretation ist die Beobachtung, dass - wenn hochbegabte Kinder überhaupt Schwierigkeiten in der Schule haben – diese gehäuft in der siebenten Jahrgangsstufe einsetzen (neben einem früheren Gipfel in der dritten Jahrgangsstufe). Die Annahme eines abweichenden Verhältnisses von Gedächtniskapazität und Reduktionsfähigkeit ergänzt die bisherige Erklärung für ein bekanntes Phänomen, dass nämlich viele hochbegabte Kinder den Ansprüchen des gymnasialen Unterrichts irritiert begegnen, weil sie in der Grundschule kaum Anstrengungen erbringen mussten und daher wenig Erfahrung in der Selbst- und Handlungsplanung beim Lernen haben. Ergänzend könnte nun hinzugefügt werden, dass zu der geringen Erfahrung eine Entwicklungsbesonderheit hinzu kommt, die den Ausgleich der geringen Erfahrung über einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren (und in bestimmten Fällen weit darüber hinaus, s. unten) erschwert.
- Vereinbar mit dieser Interpretation wäre auch die Beobachtung, dass – statistisch gesehen - Hochbegabte in der Sekundarstufe I schwächer als in der Sekundarstufe II sind. Ich kenne keine Untersuchung zu dieser Frage. Als Lehrerwissen gibt es aber die These, dass gute Mittelstufenschüler oft in der Oberstufe zurückfallen und schwächere Mittelstufenschüler mitunter in der Oberstufe zulegen. Es sollte kein großer Aufwand sein, eine Statistik hierüber zu erstellen.

Immer wieder wichtig ist hervorzuheben, welche Konsequenzen für die Förderung aus diesen Ergebnissen (Verhältnis von Gedächtniskapazität und Reduktionsfähigkeit) folgen: In der Sequenzierung von Cortexverdickung und –abflachung geht es um erweiterte Aufnahmekapazität und zeitverschobene Konzeptualisierung. Die in Deutschland am häufigsten praktizierte Förderung von hochbegabten Kindern besteht in verschiedenen Formen von Zusatzunterricht, der die schulischen Angebote erweitert oder vertieft. In dem Alter nahe dem statistischen Scheitelpunkt der Cortexverdickung ist dieser Weg sicher nicht günstig, er antwortet von Umweltseite auf die erweiterte Aufnahmekapazität mit erweitertem Lehrangebot und verstärkt damit das Missverhältnis zu der noch unzureichenden Konzeptualisierung. Die Alternative, eine antizyklische Antwort als Förderung anzubieten, wird in Deutschland nach meiner Kenntnis nicht praktiziert, nicht einmal diskutiert. Eine antizyklische Hochbegabtenförderung wäre ein Unterrichtsangebot, das entschieden die Konzeptualisierungsfähigkeit der Kinder förderte und damit der weiten Aufnahmekapazität die Möglichkeiten zur Verarbeitung des Aufgenommenen entgegensetzte. (Das amerikanische Enrichment nach Renzulli oder das Critical Thinking, das in Großbritannien und den USA bereits für Zehnjährige im Unterricht eingesetzt wird, oder Denkerziehung nach De Bono wären Beispiele, die in der deutschen Schulpädagogik entweder unbekannt sind oder nicht geschätzt werden.)

Zhang Li spricht in einer chinesischen Studie den Hochbegabten eine herausragende Fähigkeit zu, durch Analogie, Transfer, Assoziation und Phantasie zu lernen (Zhang Li, 2006). Interessant ist in dieser Studie, dass in Reaktion auf diese Befunde der Unterricht bei Hochbegabten auf diese besonderen Fähigkeiten hin angepasst wurde und daraus eine Beruhigung auch des Verhaltens resultierte - neben anderen wünschenswerten Wirkungen: Der verstärkte Einsatz von Beobachten, Schließen, Transfer, Phantasie-Entwurf usw. trug zu einer entspannten und harmonischen Atmosphäre im Unterricht bei, umgekehrt entwickelten sich die Fähigkeiten. Eben so wurde über diesen „Top-down-Ansatz“ die Sinnestätigkeit angeregt - Sehen, Fühlen und Hören ..., aus der Sicht der deutschen Unterrichtstradition ein Paradox.

Aus der Parallele zwischen den beiden Phasen von Cortex-Verdickung und –Abflachung (in der frühen Kindheit und am Ende der Grundschulzeit) ergibt sich aber noch ein weiterer Hinweis: Auch für die spätere Phase müsste ein erhöhtes Risiko für „fehlerhafte Verschaltungen“ und damit für Verhaltensstörungen angenommen werden (s. oben S. 6). Wiederum entsprechen dem die Beobachtungen auf der Verhaltensebene überraschend gut. Parallel mit dem Leistungsrisiko steigt bei Hochbegabten tatsächlich auch das Risiko für Verhaltensstörungen (mit Beginn in der siebenten Jahrgangsstufe). Natürlich liegt der Gedanke nahe, dass beides, Lernschwierigkeiten und Verhaltensproblem, sich wechselseitig beeinflussen oder gemeinsame Bedingungen haben.

2 Was kann Kinder, deren Gehirn doch auf Lernen ausgerichtet ist - und das sind alle - am Lernen hindern?

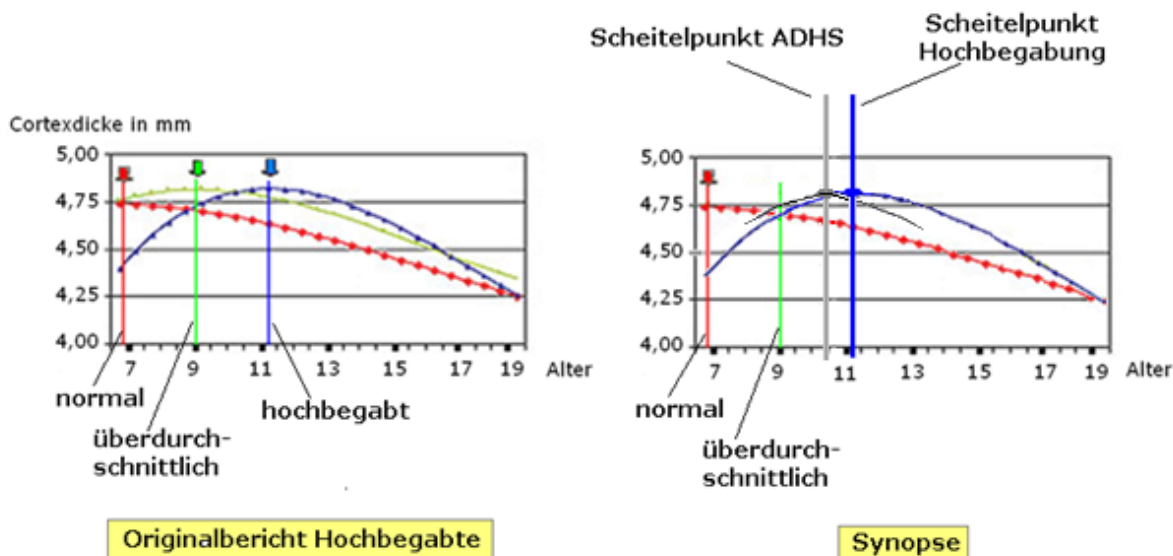
2.5 Antwort bei psychischen Störungen, besonders ADHS

Shaw und sein Team haben weitere Stichproben untersucht, insbesondere Kinder mit ADHS. Aus diesen Untersuchungen ergeben sich möglicherweise auch Hinweise für die Erklärung der problematischen Entwicklung eines Teils der hochbegabten Kinder in der frühen Adoleszenz.

Die übergreifende und als Sensation berichtete Beobachtung ist, dass die Ursache von ADHS in einer Verzögerung der Reifung verschiedener Cortexregionen bestehe (Shaw et. al. 2006, S. 2). Dabei wurde als Indikator für „Reife“ der Scheitelpunkt der Verdickung des Cortex gewählt. Bisher sind keine anderen Störungen im Kindesalter in Verbindung mit verzögerter Reifung gebracht worden (ebda., S. 6). - „Die Kinder mit ADHS wiesen eine markante Verzögerung über fast alle Areale des Gehirns auf. Das Alter, in dem 50 % der gemessenen Cortexpunkte den Scheitelpunkt erreicht hatten (Median), lag für die ADHS Kinder bei 10,5 Jahren, für die normal entwickelten Kinder bei 7,5 Jahren. Am meisten verzögert waren die Areale des präfrontalen Cortex, die für Kognition, Aufmerksamkeit und motorische Planung zuständig sind“ (ebda. S. 2).

Ich habe die Altersangabe der Forschergruppe in die auf S. 9 gezeigte Grafik eingetragen (Mediane aller gemessenen Scheitelpunkte bei den drei Begabungsgruppen). Deutlich wird, dass die Scheitelpunkte für den Beginn der Abflachung bei Hochbegabten und bei ADHS-Kindern dicht nebeneinander liegen. Beide Gruppen haben länger als andere einen dünneren Cortex, holen dann die Entwicklung nach und reduzieren mit Ausklingen der Adoleszenz wieder auf den Umfang der anderen Gruppen bzw. unterschreiten ihn (gilt für die Hochbegabten, für ADHS keine näheren Angaben hierzu).

Synopse Ergebnisse Shaw für Hochbegabte und ADHS-Jugendliche



Shaw diskutiert die ungeklärten Beobachtungen aus seinen Studien. „Die Abflachung des Cortex in der Adoleszenz, hervorgerufen vermutlich durch Abstoßen von überflüssigen Synapsen und Myelinisierung, ist ein Zeichen der kognitiven Reifung“ (ebda., S. 6). Die verspätet einsetzende Abflachung bei der ADHS-Gruppe passe daher mit der günstigeren Entwicklung bei der Gruppe der Hochbegabten nicht recht zusammen. Er setzt seine Überlegungen fort mit: „Das Verhältnis zwischen zellulären Vorgängen, der Dimension des Cortex und der kognitiven Entwicklung beim Menschen ist noch weithin spekulativ. Es ist möglich, dass ... eine verlängerte Zeitspanne für die Ausformung von komplexen neuronalen Schaltkreisen benötigt wird, um die Aufmerksamkeit zu unterstützen“, (ebda.). Ähnlich argumentiert er in der Studie über Cortexdicke in Abhängigkeit von der kognitiven Leistungsfähigkeit, indem er aus den Beobachtungen bei der höchst begabten Gruppe rückschließt, dass dieser Verlauf offenbar nötig ist, um die besondere Leistungsfähigkeit vorzubereiten (vgl. oben). Die Ergebnisse verbleiben methodologisch auf der Ebene von Korrelationsbefunden: so zwischen Cortexdicke mit verbalem Wissen/Gedächtnis sowie Cortexdicke mit fluider Intelligenz in höherem Lebensalter (Shaw et al., 2007 Polymorphismus ..., Abschnitt Comment). Die zweite dieser Korrelationen gibt Anhaltspunkte dafür, dass die relativ spät abgeschlossene kognitive Organisation dann auch zu höherer Effizienz führt.

Die Defizite der neuronalen Entwicklung bei Kindern mit ADHS werden in einer größeren Teilgruppe während der Entwicklung bis zur Adoleszenz kompensiert. Da Shaw und Mitarbeiter nicht Daten über Kognition und Verhalten zugleich mit neuroanatomischen Daten erhoben haben, können sie auch keine abschließende Antwort über die funktionale Bedeutung dieses anatomischen Verlaufs geben. Kürzlich abgeschlossene Studien legen aber nahe, dass der rechte Parietallappen bis zum Erwachsenenalter nur eingeschränkt die Aktivierung und Lenkung der Aufmerksamkeit erbringt und dass diese spätere Entwicklung der Aufmerksamkeit vermutlich (erst) während der Adoleszenz stattfindet“ (ebda.). In dieser Gruppe mit günstigem Verlauf lag der durchschnittliche IQ höher als in der anderen.

Die andere (kleinere) Teilgruppe erreicht diese günstige Entwicklung nicht. Aufgrund dieses Unterschieds teilt die Forschergruppe ADHS in zwei Spielarten ein und weist auf Zusammen-

hänge dieser Einteilung mit einer Variante des Gens hin, das für Dopaminrezeptoren zuständig ist und allgemein mit der Diagnose von ADHS in Zusammenhang gebracht wird (Vorliegen des DRD4 7-repeat allele bei einem Teil der Kinder mit günstigerem Verlauf). Shaw et.al. schränken aber in ihrer abschließenden Diskussion ein, dass möglicherweise Einseitigkeiten in der Stichprobe der Grund für die Beobachtung gewesen sein könnten.

Untersucht wurde schließlich auch, ob die Medikation ein Grund für die Verzögerung sei. Die Vergleiche zwischen den Gruppen mit und ohne Medikamente lässt das unwahrscheinlich erscheinen (Rubia 2007, S. 5).

3 Zusammenfassung

Ich habe in diesem Beitrag zunächst Forschungsergebnisse zusammen getragen, die allgemeine Bedingungen für das Gelingen der kognitiven, sozialen und emotionalen Entwicklung nennen. Dabei wurde deutlich, dass diese drei Aspekte der Persönlichkeit nicht zu trennen sind, Risiken wie Stress in der frühen Kindheit können unmittelbar in allen drei Aspekten wirksam werden und mittelbar durch die im Verlauf entstehenden Wechselwirkungen. Stress wurde vor allem mit dem Bindungsgeschehen der frühen Kindheit in Zusammenhang gebracht (Bindungstheorie, Forschungsberichte von Braun). Ab dem Kindergarten und dann in der Grundschule unterscheidet das besondere kognitive Funktionieren die normal- von den hochbegabten Kindern. Das Verhältnis von Herausforderung und Leistungsbereitschaft setzt als Anforderung für die hochbegabten Kinder eine Form von Stress, die von einigen Kindern als Traumatisierung, von anderen nur als besondere Belastung erlebt wird. Im Verlauf der Vorschulzeit und der ersten Grundschuljahre sind hochbegabte Kinder kognitiv besser organisiert als ihre Altersgleichen, in den letzten Grundschuljahren und ersten Jahren der weiterführenden Schule verändert sich dieses Verhältnis: der Vorteil der Hochbegabten nimmt unter dem Aspekt der kognitiven Organisation ab und verschiebt sich zu der Zunahme der Gedächtniskapazität. Das Verhältnis von Gedächtniskapazität zu kognitiver Organisation ist für einige Jahre ungünstig, weil der Menge des Wissens nicht ein ebenfalls hoch entwickeltes Ordnungssystem geboten werden kann. Im Verlauf der Adoleszenz erreichen die Hochbegabten dann wieder eine bessere Organisation als ihre Altersgleichen; ihre Begabung zeigt sich im Verlauf als Vorsprung bei der fluiden Intelligenz.

Aus dieser Interpretation der berichteten Forschungen ergeben sich Thesen, die in Beobachtungsziele umgesetzt werden sollten, um die Übertragung der berichteten Forschungsergebnisse in pädagogische Zusammenhänge zu überprüfen:

- Hat die kognitive Leistungsfähigkeit der elf- bis dreizehnjährigen Hochbegabten einen Schwerpunkt bei der Gedächtnisleistung und eine relative Schwäche bei der Konzeptualisierung/bei taxonomisch höheren kognitiven Anforderungen?
- Ist dieses Verhältnis bei hochbegabten Grundschulkindern und OberstufenschülerInnen umgekehrt?
- Wirken sich diese Verläufe auf die Schulnoten aus?
- Sind elf- bis dreizehnjährige (nur) überdurchschnittlich Begabte den altersgleichen Hochbegabten in taxonomisch höheren kognitiven Anforderungen überlegen oder gleich?

Die Fragen nach dem Risiko von psychischen Störungen führten – neben den Hinweisen auf die erhöhten Risiken für vielfältige psychische Störungen in den Phasen der Cortexabflachung – auf die für das ADHS spezifische Phänomen der verzögerten Reifung. Die bisher berichte-

ten Beobachtungen rücken den Verlauf bei ADHS in eine noch nicht weiter erklärbare Ähnlichkeit zu dem Verlauf bei Hochbegabung.

Unter dem Gesichtspunkt der Förderung von hochbegabten Kindern und Jugendlichen wurde darauf hingewiesen, dass auf die Phasen der neuroanatomischen Entwicklung antizyklisch reagiert werden sollte: in der Phase der Cortexverdickung mit Reduktion von Einzelwissen und entschiedener Unterstützung der Konzeptualisierung. Mit dieser antizyklischen Vorgehensweise kann der neuroanatomisch bedingten Einschränkung auf kognitiver Ebene entgegengewirkt werden.

Literatur

Junko A. **Arai**, Shaomin Li, Dean M. Hartley, and Larry A. Feig. 2009. Transgenerational Rescue of a Genetic Defect in Long-Term Potentiation and Memory Formation by Juvenile Enrichment. *Journal of Neuroscience* (Bd. 29, 1496 – 1502)

Biotechnologie und Life Sciences Portal Baden-Württemberg. 2007. Epigenetische Vererbung - die Rehabilitierung von Lamarck. <http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00151/index.html>

Anna Katharina **Braun**; Carina Helmeke; Gerd Poeggel; Jörg Bock, 2005. Tierexperimentelle Befunde zu den hirnstrukturellen Folgen früher Stresserfahrungen. In: Ulrich Tiber Egle / Sven Olaf Hoffmann / Peter Joraschky (Hrsg.). Dritte Auflage. Sexueller Missbrauch, Misshandlung, Vernachlässigung. Stuttgart: Schattauer, S. 44 – 58. Erhältlich als google book

Jonna **Gaertner**, 2004. Die Zusammenhänge zwischen Bindungstyp, Explorationsverhalten und ausgewählten Persönlichkeitsaspekten hochbegabter Kinder. Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, Fakultät für Psychologie und Pädagogik. URN (NBN): urn:nbn:de:bvb:19-23050. erhältlich unter <http://edoc.ub.uni-muenchen.de/2305/>

Zhang **Li**, 2006. Discussion on the Development of Gifted Children's Thinking Abilities in Chinese Study. Beijing Yucai School, China.

McGill-Department of Pharmacology and Therapeutics, Montreal. 2009. Genetic risk for suicide linked to child abuse. <http://www.theglobeandmail.com/life/article10107.ece>

Katya **Rubia**, 2007. Neuro-anatomic evidence for the maturational delay hypothesis of ADHD. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 104(50), 19663–19664.

Philip **Shaw**, MD; Jason Lerch, PhD; Deanna Greenstein, PhD; Wendy Sharp, MSW; Liv Clasen, PhD; Alan Evans, PhD; Jay Giedd, MD; F. Xavier Castellanos, MD; Judith Rapoport, MD, 2006. Longitudinal Mapping of Cortical Thickness and Clinical Outcome in Children and Adolescents With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Arch Gen Psychiatry*. 63: 540-549.

Philip **Shaw**, MD, PhD; Michele Gornick, BS; Jason Lerch, PhD; Anjene Addington, PhD; Jeffrey Seal, BS; Deanna Greenstein, PhD; Wendy Sharp, MSW; Alan Evans, PhD; Jay N. Giedd, MD; F. Xavier Castellanos, MD; Judith L. Rapoport, MD. 2007. Polymorphisms of the Dopamine D4 Re-

ceptor, Clinical Outcome, and Cortical Structure in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. Arch Gen Psychiatry. 64(8):921-931.

Spiegel online, 04.02.2009. Mütter können Erfahrungen vererben.
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,605447,00.html>

Martin H. **Teichler**, 2006. Wunden, die nicht verheilen. In: Gehirn und Geist, Dossier 2, S. 46 – 53