

Neurobiologische Forschungsergebnisse - Folgerungen für die Hochbegabtenförderung

Einleitung

Die Forschungen zum Enrichment befassen sich überwiegend mit der Ausgestaltung und Wirkung von Zusatzangeboten zum Unterricht der Regelschule, die entweder im schulischen Zusammenhang oder ergänzend zur Schule angeboten werden. Zielgruppe sind hochbegabte Kinder und Jugendliche. Dabei geht es um die Entwicklung der Leistungsfähigkeit und um die Motivation, die aus Lernen in homogenen Gruppen entsteht. Zum Teil geht es aber auch um die kompensatorische Wirkung, die Enrichment gegenüber den Folgen von Passungsproblemen und Unterforderung von sogenannten Underachievern haben kann.

Im ersten Teil dieses Beitrags verengt sich der Blick auf die physiologischen und morphologischen Voraussetzungen für besondere kognitive Effizienz. Es geht nicht darum, Ergebnisse aus der *allgemeinen* neurobiologischen Forschung *für Hochbegabte* einzuschätzen und daraus Empfehlungen zu entwickeln, sondern es werden Korrelationsstudien ausgewertet, in denen Hochbegabte mit Normalbegabten verglichen werden, um Unterschiede in der biologischen Ausstattung zu entdecken. Von der Intelligenztheorie aus betrachtet, wird damit der Teil angesprochen, den Raymond Cattell mit fluiden Intelligenz bezeichnet hat. Diese ist vererbt und nur begrenzt von außen beeinflussbar - im Gegensatz zu der Leistungsfähigkeit, der kristallinen Intelligenz, die die Fähigkeiten umfasst, die im Laufe des Lebens erlernt bzw. durch die Umwelt bestimmt werden. (Natürlich hängt die kristalline auch von der fluiden Intelligenz ab.) Dieses Erlernte hinterlässt *Wirkungen im Gehirn*, die fluide Intelligenz bezeichnet die *Bedingungen im Gehirn*.

Die Ergebnisse geben auf die Frage „Was ist Förderung für Hochbegabte?“ Antworten, die sowohl das Risiko der hochbegabten Kinder in neuer Weise erklären als auch Veränderungen der gängigen Förderpraxis nahe legen. Für die am meisten verbreitete Form der Förderung, das Enrichment, werden konkrete Empfehlungen gegeben (Teil 2). Unter www.hochbegabtenhilfe.de gibt es diesen hier vorliegenden Beitrag in einer mit Zusatzmaterialien ergänzten Form zum freien Download.

Teil 1

Neurobiologische Ergebnisse zu „Hochbegabung“

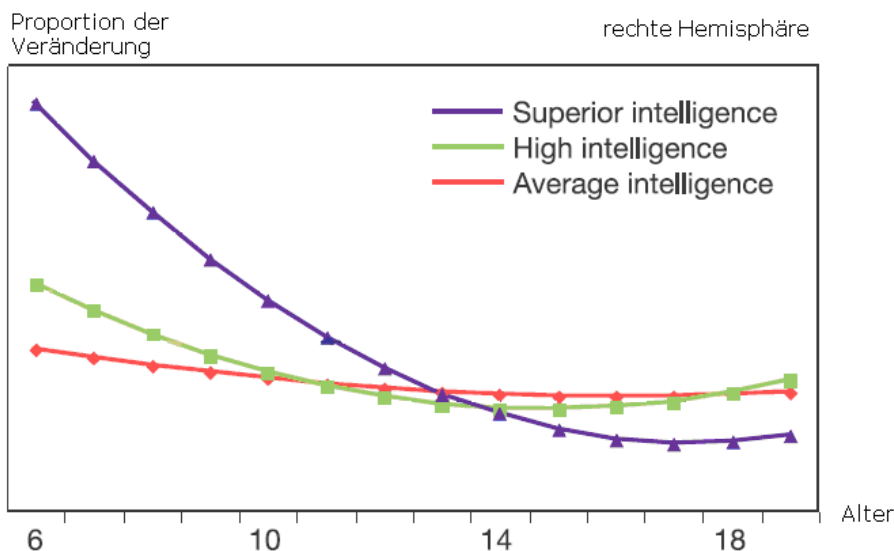
1. Teuchert-Noodt: Chemische Verhältnisse an den Synapsen

Bei Hochbegabten ist der Hippocampus „günstiger“ eingestellt (gemeint: NMDA-Rezeptoren in der postsynaptischen Membran. Der Hippocampus speichert beim Lernen Informationen, die erst später der langsamer lernenden Großhirnrinde (Kortex) zur Langzeitspeicherung übermittelt werden). Auf Synapsenebene heißt das, dass die Rezeptionsmöglichkeit für elektrische Signale aufgrund bestimmter chemischer Verhältnisse länger offen bleibt. Auf der Verhaltensebene bedeutet das eine höhere Wachheit (Sensitivierung und raschere Hemmung/Habituierung). Diese chemischen Verhältnisse sind angelegt.

2. Philip Shaw, National Institute for Mental Health, Neurobiologische Besonderheiten bei Hochbegabten

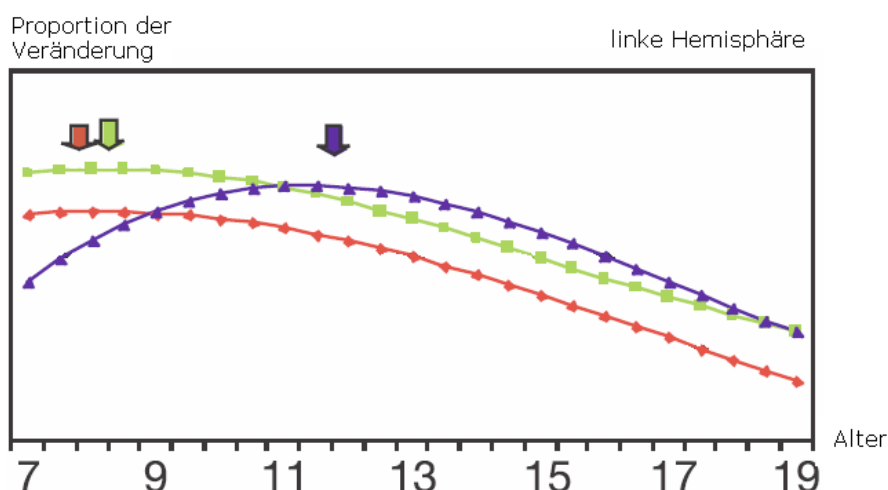
Ein weiterer Unterschied betrifft die Entwicklung des Gehirns. Die nachstehenden Grafiken zeigen die Entwicklung des Kortex bei hochbegabten Kindern und Jugendlichen im Vergleich zu überdurchschnittlich und durchschnittlich begabten (Shaw, 2006, S. 676-9).

Sehr hohe Begabung:
IQ 121-149
Hohe Begabung:
IQ 109-120;
Durchschnittliche Begabung:
IQ 74-108



Was die Verdickung des Kortex genau ausmacht, ist nicht unmittelbar zu beobachten. Zugänglich ist lediglich die Volumenmessung. Deren Ergebnisse müssen interpretiert werden.

Phillip Shaw selbst meint, dass die längere Verdickungsperiode bei intelligenteren Kindern dem Gehirn mehr Gelegenheit gibt, Schaltungen für ein hoch entwickeltes Denken auszubilden. Die spätere rasche Verdünnung der Hirnrinde könnte auf das Verkümmern nicht benutzter neuronaler Verbindungen zurückzuführen sein.



John R. Skoyles, University London, überlegt, ob es sich um die Bereitstellung von Energie (Blutgefäße, Mitochondrien und Glia Zellen) bei steigender Anzahl der Synapsen handeln könnte (Skoyles, 2008, Abschnitt 5.3). Die Zunahme des Grauen Materials könnte weitgehend oder überwiegend dadurch zustande kommen, dass mehr Platz besetzt ist durch Gliazellen und Haargefäße, die dazu da sind, die gesteigerten Energieansprüche bei vermehrten Synapsen zu befriedigen.

Nach bisheriger Erkenntnis bilden die Gliazellen ein Stützgerüst für die Nervenzellen und sorgen für die gegenseitige elektrische Isolation der Nervenzellen. Neuere Erkenntnisse zeigten jedoch, dass Gliazellen maßgeblich am Stoff- und Flüssigkeitstransport sowie an der Aufrechterhaltung der Homöostase im Gehirn beteiligt sind und im Prozess der Informationsverarbeitung, -speicherung und -weiterleitung mitwirken.

Die alternative Erklärung, dass die Dendriten selbst sich ausdehnen, hat wahrscheinlich keine größere Bedeutung, obwohl sie sich an bestimmten Stellen während der Kindheit ausdehnen können. Die Autoren der entsprechenden Untersuchungen merken an, dass die Beobachtungen lediglich die Annahme eines mäßigen Wachstums während der Kindheit nahe legen. Im übrigen: Obwohl die Dendriten in angereicherter Umgebung komplexer und länger werden, tendieren sie dazu, sich auf den bereits besetzten Raum zu beschränken.

Größere Veränderung des von Dendriten besetzten Raumes ist auch deshalb unwahrscheinlich, weil das die elektrischen Verhältnisse der Dendriten verändern würde, die die vorwärts und rückwärts sich ausbreitenden Strömungen bestimmen. Die morphologischen Dimensionen der Dendriten werden homöostatisch eng reguliert.

John R. Skoyles, 2008. Human metabolic adaptations and prolonged expensive neurodevelopment: A review. Centre for Mathematics and Physics in the Life Sciences and Experimental Biology (CoMPLEX), University College London, <http://precedings.nature.com/documents/1856/version/1>

3. Hochbegabte sind kognitiv verfrüht.

John Geake (2008, S. 5) stützt sich zur Erklärung auf eine bereits 1990 publizierte Untersuchung von O'Boyle and Benbow, in der angenommen wird, dass die verfrühte kognitive Entwicklung mit der vorgeburtlichen Einwirkung von Testosteron - und zwar für Mädchen mit einem relativ hohen, Jungen mit einem relativ geringen Spiegel - zusammenhänge. Diese Exposition beeinflusst die Wirkung der Chromosome (epigenetisch) (Zu dem Zusammenhang zwischen vorgeburtlichem Testosteronspiegel und Intelligenz vgl. auch bei Hoppe 2006 die Ausführungen über die ältere Studie von Geschwind N, Galaburda AM sowie über weitere Studien mit Beteiligung von O'Boyle und Benbow).

Hoppe berichtet in einem Überblick über neurobiologische Forschungsergebnisse zur Hochbegabung die Untersuchungen von Geschwind und Galaburda (1987) und weitere, die den gleichen Zusammenhang enthalten.

Zusammenhang von Hochbegabung, atypische Händigkeit, atypische Sprachhemisphärendominanz und Affinität für Autoimmunerkrankungen (Allergien, Asthma) vom Testosteronspiegel während der fötalen Entwicklung an (Jungen: unterdurchschnittlich/verglichen mit Jungen; Mädchen: überdurchschnittlich/verglichen mit Mädchen).

Hochbegabung erscheint hier als Folge einer hormonell bedingt andersartigen Entwicklung der rechten Hirnhälfte (oder der Verbindung beider Hirnhälften) und einer möglicherweise stärkeren Einbeziehung rechtshemisphärischer Hirnfunktionen in verschiedene kognitive und motorische Leistungen. Hassler (1991, 1992) fand in einer über acht Jahre angelegten Längsschnittstudie an über 120 Probanden (Musiker, Nichtmusiker; beiderlei Geschlecht), dass kreative Hochleistungen im Bereich der Musik mit einem "androgynen" Testosteron-Spiegel (bei Männern im unteren Durchschnittsbereich der Männer bzw. bei Frauen im oberen Durchschnittsbereich der Frauen) einhergehen. Ostatnikova et al. (2002) fanden bei 235 hoch- und normalbegabten Kindern denselben Zusammenhang. Hassler (1993) fand für die männlichen Probanden eine Bestätigung für das oben beschriebene Geschwind-Galaburda-Modell, nicht jedoch für die weiblichen Probanden.

4. Hochbegabte nutzen stärker als Normalbegabte beide Hemisphären bzw. mehrere Gehirnregionen

- Lee et al. verglichen neuronale Aktivierungen nach IQ-Items/hohem g-Anspruch mit Aktivierungen nach IQ-Items/niedrigem g-Anspruch. Bei hohem g-Anspruch (räumlich

oder verbal) verstärkten sich bei den hochbegabten Kindern die bilateralen Aktivierungen des präfrontalen Cortex. Lee et al., 2006, S. 578-86

- Geake et al. fanden in einer Studie (zum flüssigen Analogisieren) positive Korrelationen zwischen verbaler Intelligenz und Aktivierungen in der linken Hemisphäre und zwischen räumlicher Intelligenz und Aktivierungen des Präfrontalen Kortex der rechten Hemisphäre (Geake, 2006,2).
- O'Boyle berichtet, dass mathematisch hochbegabte Jugendliche sich sehr stark auf bildhafte Repräsentationen der rechten Gehirnhälfte stützen, dass also mathematische Leistungen mit Imagination zu tun haben. (O'Boyle, 2008).

5. Hochbegabte zeigen herausragende Merkmale kognitiver Kontrolle

Geake stellt eine höhere kognitive Kontrolle bei Hochbegabten fest. Kognitive Kontrolle meint interaktive Aspekte des Arbeitsgedächtnisses, darunter die (top-down attention) Bereitschaft zur Kategorisierung, längere Wachheit, Auswertung und Anpassung (Geake 2006,1).

Zhang Li spricht in einer chinesischen Studie den Hochbegabten eine herausragende Fähigkeit zu, durch Analogie, Transfer, Assoziation und Phantasie zu lernen. 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:

Die Verstärkung der Fähigkeiten zu Beobachten, Denken, Phantasie, Gedächtnis, Transfer usw. trug zu einer entspannten und harmonischen Atmosphäre im Unterricht bei, umgekehrt entwickelten sich die Fähigkeiten. Eben so wurde die Sinnestätigkeit angeregt - Sehen, Fühlen und Hören ...

6. Hochbegabte suchen deduktives Verstehen

Geake kommentiert diese Beobachtung so: Sie könnten den Umfang ihrer Wissensaufnahme nicht bewältigen, wenn nicht begleitend eine Bewegung hin zur Konzeptualisierung (with big-picture perspectives) stattfände. Dieses Kategorisieren (cognitive mapping) wird durch eine vergleichsweise höhere Kapazität des Arbeitsgedächtnisses unterstützt (Geake, 2006,1).

Er schließt dies aus Forschungen bei musikalisch Hochbegabten (Geake & Gregson, 1999) und bei mathematisch Hochbegabten, die stärker als Normalbegabte Hinweise aus der Metaebene erfragt haben. Bei ihnen traten die gegenstandsspezifischen Überlegungen zurück, die von ihren normalbegabten Peers bevorzugt wurden (Kanevsky & Geake, 2005. Beide Untersuchungen bei Hoppe, 2006).

Geakes Hinweis auf die Bewältigungsnot der Hochbegabten bezeichnet möglicherweise auf der Ebene des Kognitiven Verhaltens, was Shaw als Veränderung in der Gehirnentwicklung beobachtet hat.

Überlegungen zu den Ergebnissen von Phillip Shaw

Was bedeuten die von Shaw berichteten Besonderheiten der Kortex-Entwicklung bei Hochbegabten auf pädagogischer Ebene? Wissenschaftlich ist immer die einfachste Erklärung zu prüfen. Nach diesem Grundsatz muss durchdacht werden, ob die Beobachtungen bei Hochbegabten zwischen Einschulungsalter und Pubertät eine Parallele bilden zu der Beobachtung, die bei allen Kindern in der frühen Kindheit vorliegt.

Wenn in den Grafiken die Zeit zwischen Geburt und sechs Jahren eingetragen wäre, sähen wir für alle Kinder einen Anstieg der Kortexdicke nach der Geburt mit anschließender Reduktion ab dem dritten Lebensjahr. Unterschiede der Hemisphären werden für dieses Alter nicht berichtet. Mit beginnendem Schulalter haben aber nach der Grafik von Shaw die Hochbegabten rechtshemisphärisch einen noch wesentlich dickeren Kortex als die beiden anderen Gruppen, linkshemisphärisch ist es umgekehrt, der Kortex war bei den

Hochbegabten vorher dünner als bei den beiden anderen Gruppen, verdickt sich mit Beginn des Schulalters und nimmt wieder ab. In beiden Hemisphären aber verläuft schließlich die Reduktion bis hin zu oder unter die Dicke der Normalbegabten. (Weitere Ergebnisse legen nahe, dass der linkshemisphärische Verlauf bis zum 30. Lebensjahr anhalten kann.)

Die einfache Erklärung ist, die Wiederholung des Ähnlichen auch ähnlich zu interpretieren. Etwa so wie Katharina Braun, Professorin am Institut für Biologie der Universität Magdeburg, den Vorgang bei der frühkindlichen Entwicklung interpretiert: Das Gehirn bildet eine Vielzahl von Verknüpfungen, sozusagen um allen Anforderungen gewachsen zu sein. Im Lauf der Erfahrung geht das Volumen wieder zurück. Bei dieser erfahrungsgesteuerten synaptischen Reorganisation werden redundante und nicht oder selten genutzte Synapsen eliminiert zugunsten von häufig genutzten Synapsen, die im Netzwerk verbleiben und deren Übertragungsstärke erhöht wird.

Nach verbreiteter Auffassung ist die linke Gehirnhälfte für alles zuständig, was im allgemeinen Verständnis als Denken bezeichnet wird. Sie denkt in Sprache, in Begriffen, sie denkt logisch, analytisch. Die rechte Gehirnhälfte steuert mehr die Intuition, Kreativität, Symbole und Gefühle. - Ich füge hinzu, dass die Auffassung über die Aufgabenverteilung beider Gehirnhälften nach den Ergebnissen, die mit der Explosion der neurobiologischen Forschung zusammenkommen, relativiert wird zu der Vorstellung eines ständigen Zusammenwirkens.

Ganz grob gedeutet: Mit der Ausdehnung des Kortexvolumens im frühen Schulalter reagiert das Gehirn von hochbegabten Kindern auf die neue Lernherausforderung, indem es Möglichkeiten bereit stellt; mit der späteren Reduktion organisiert das Gehirn das tatsächlich Aufgenommene und schafft mit dem Umbau des Gehirns in der Pubertät Strukturen zur Bewältigung des weiterhin Aufzunehmenden. Zwischen Anfang und Ende dieser Entwicklung besteht eine Phase, in der zwischen (hoher) Aufnahme und (geringer) Organisation ein Ungleichgewicht besteht.

Die linke Gehirnhälfte wird mit Beginn der formellen Beschulung offenbar verstärkt beansprucht. Die Möglichkeiten werden bereitgestellt und später ökonomisiert. Die rechte Gehirnhälfte ist dagegen kontinuierlich gefordert. Sie ist bereits - oder noch immer - mit Beginn des Grundschulalters dramatisch verstärkt und durchläuft den Prozess der Ökonomisierung parallel zu der linken Gehirnhälfte.

Deutet man das als überschießende Reaktion von Hochbegabten auf die Anforderungen ihrer Umwelt, dann ist das vereinbar mit den Hinweisen von Teuchert-Noodt zu zellulären Bedingungen von erhöhter Wachheit. In der Forschung wird auch darüber berichtet, dass Denkmaterial, das im Verarbeitungsprozess als unsicher und möglicherweise zu verwerfen eingeschätzt wird, von Hochbegabten noch längere Zeit als von Normalbegabten präsent gehalten wird - was wiederum auf die erhöhte Wachsamkeit zurückzuführen ist, denn sie erlaubt in besonderer Weise die gleichzeitige Repräsentation von viel Denkmaterial, so dass der Zwang zur Ökonomisierung eine höhere Schwelle hat.

Die Beobachtungen von Shaw scheinen mir für die Frage, was Förderung von Hochbegabten umfassen sollte, von entscheidender Bedeutung zu sein. Lassen Sie mich aber zunächst noch einen weiteren Aspekt hinzufügen:

Ich habe unter dem Ziel, die einfachste Erklärung zu prüfen, die Kortexentwicklung der frühen Kindheit analog gesetzt mit der bei Hochbegabten in der Grundschulzeit. Das fordert heraus, auch die Forschungen von Katharina Braun im Leibniz-Institut für Neurobiologie in Magdeburg (IFN) in die Analogsetzung einzubeziehen.

Hier geht es um die Frage der Störung des Prozesses und deren Zusammenhang mit Fehlentwicklungen. In einem frühen Aufsatz 1998, dessen Fragestellung sich inzwischen in weiteren Forschungen der Wissenschaftlerin entfaltet hat, geht Frau Braun von einem

Zusammenhang zwischen Stress und Fehlentwicklungen bei der Reorganisation des Kortex aus; daraus ergeben sich Risiken, die auch zu Verhaltensstörungen führen können. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Beeinträchtigungen der intellektuellen Entwicklung unmittelbare Bedingungen für Verhaltensstörungen sind. In einem aktuellen Forschungsprojekt von Frau Braun werden die Ursachen der Beeinträchtigung in Stress zusammengefasst, auf neurophysiologischer Ebene in den Wirkungen eines Stresshormons.

Diese angenommenen Zusammenhänge, Störbarkeit bei der Reduktion, wären auch in der besonderen Reorganisationsphase der Hochbegabten im Grundschulalter und der frühen Pubertät anzunehmen, weil bei ihnen und nur bei ihnen analoge Prozesse ablaufen. Hier wäre - vorausgesetzt die Interpretation bewährt sich - Grundlagen vorhanden, um die Störungsentwicklung bei einem Teil der hochbegabten Kinder- und Jugendlichen zu erforschen.

Zwischenergebnis

Aus alledem folgt für die Förderung von Hochbegabten: Während der Herausforderung durch neue Lernsituationen der Schule verstärkt das Gehirn der Hochbegabten im Gegensatz zu überdurchschnittlich und normal Begabten seine Möglichkeiten zur Informationsaufnahme. Die hohe Speicherkapazität ermöglicht die Aufnahme von sehr viel Inhalt, ohne dass (aus Kapazitätsgründen) zunächst eine Notwendigkeit der Selektion und Organisation entsteht. Bis zu den Jahrgangsstufen 5/6 erfolgt die Organisation, und diese ist wiederum im Vergleich zu den anderen Gruppen stärker. Während der Organisation ist das Risiko für die Entwicklung von Verhaltensstörungen erhöht.

Förderung von Hochbegabten muss in der Unterstützung der Organisation des Wissens bei gleichzeitiger Begrenzung der Informationsfülle bestehen.

Ergänzende Materialien zu Teil 1

1. Zu dem Forschungsprojekt von Braun:

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Biologie, Abteilung für Zoologie/Entwicklungsbiologie, Abteilung für Genetik und Molekulare Neurobiologie, Anna Katharina Braun, Institutsleiterin, 2007 (jüngstes Datum der angegebenen Publikationen) Projektantrag zu: Einfluss von Stressfaktoren auf die Entwicklung corticaler Netzwerke (zugleich IFN weil Mitgliedschaft der ProfessorInnen der Leibniz-Institute in den regionalen Universitäten)

<http://www.neuroprothetik.ovgu.de/arbeitsgruppen/inhalt/entwicklungsbiologie.html>

Kurzfassung: Das Ziel dieses Antrages liegt darin, corticale Netzwerke pharmakologisch zu stimulieren und die dadurch hervorgerufenen Veränderungen in der Entwicklung der Aktivität hemmender und erregender Synapsen zu charakterisieren. Untersucht wird speziell die Wirkung des Stresshormons Corticotropin-Releasing-Hormon (CRH) auf die zelluläre Plastizität innerhalb der Netzwerke, da dieses Neuropeptid interessanterweise von inhibitorischen Interneuronen ausgeschüttet wird, aber exzitatorisch wirkt und somit vermutlich für die Feinregulation der Netzwerkaktivität, insbesondere während der Ausbildung neuronaler Verbindungen, eine besondere Rolle spielt. In unserer Arbeitshypothese postulieren wir, dass CRH-vermittelte Neurotransmission die funktionellen Aktivitätsmuster corticaler Neuronennetze modifiziert und dadurch in die Entwicklung der verschiedenen Neuronenpopulationen eingreift. In einem interdisziplinären Ansatz soll diese Hypothese geprüft werden: i) Welchen Einfluss hat die Aktivität des CRH-Systems auf die Entwicklung der inhibitorischen und der exzitatorischen synaptischen Verschaltungen? ii) Welche Rolle spielen dabei die Interneurone, die das exzitatorisch wirkende CRH ausschütten? iii) Können die chronisch veränderten Netzwerke durch Applikation von

Pharmaka oder elektrischer Aktivitätsmuster normalisiert bzw. "repariert" werden? Die pharmakologisch modulierten Veränderungen der funktionellen Aktivitätsmuster und die morphologische Reifung der Neuronen sollen zunächst an einfachen neuronalen Netzwerken *in vitro*, und später an komplexen Netzwerken *in vivo* überprüft werden. Perspektivisch soll sich längerfristig im Verbund mit den anderen Teilprojekten eine Entwicklung von Neuronen-Implantaten ergeben. Deren Einsatz könnte die im Verlauf der Hirnentwicklung entstandenen neuronalen Fehlentwicklungen, z.B. auch die fehlende oder übermäßige Ausschüttung bestimmter Botenstoffe, im corticalen Netzwerk korrigieren.

Auszug aus Braun, Katharina, 1998. In: W. Gaebel, P. Falkai. Zwischen Spezialisierung und Integration - Perspektiven der Psychiatrie und Psychotherapie. Wien, New York: Springer, S. 4 - 9

http://books.google.de/books?id=0BS_XVosQxIC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=Plastizit%C3%A4t+der+Gehirnbiologie+bei+fr%C3%BChkindlichen+Lern-+und+Erfahrungsprozessen&source=bl&ots=-ruGv4rKEH&sig=rc6U8inP8lia9YPgesJBvrF0LsU&hl=de&ei=T5H2SqzyMsbF_gabkvG2Aw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAgQ6AEwAA#v=onepage&q=Plastizit%C3%A4t%20der%20Gehirnbiologie%20bei%20fr%C3%BChkindlichen%20Lern-%20und%20Erfahrungsprozessen&f=false

S. 4 „Gerade diese Eigenschaft (die Unveränderbarkeit von Gelerntem in den frühkindlichen sensiblen Phasen) wirft die Frage nach einem möglichen Zusammenhang zwischen Art und dem Ausmaß der intellektuellen Förderung und des emotionalen Umfelds in frühkindlichem Alter und den späteren geistigen Fähigkeiten auf.

...

S. 5 „... die Neuronen in den assoziativen präfrontalen Kortexbereichen (scheinen) während bestimmter Entwicklungsphasen in Bezug auf die Veränderbarkeit ihrer synaptischen Verschaltungen besonders plastisch, d.h. ‚lernfähig‘ zu sein. Jede Kortexregion zeigt charakteristische Phasen der Synapsenvermehrung und der Synapsenverminderung ... und diese Phasen können mit den sensiblen Phasen für frühkindliche Lern- und Erfahrungsprozesse korrelieren. ... Die aus solchen Ansätzen gewonnenen Erkenntnisse zu den lern- und erfahrungsbedingten neuronalen Veränderungen im juvenilen Gehirn sollen zur Klärung der Frage beitragen, weshalb gerade frühkindliche Erfahrungen später oft nahezu unveränderbar sind und daher möglicherweise zur Entstehung psychischer Störungen, wie z.B. Neurosen und Psychosen beitragen.“

2. Zur Abgrenzung der berichteten Bedingungen des Gehirns (Fluide Intelligenz) von den Wirkungen des Lernens (Kristalline Intelligenz)

Um die berichteten Ergebnisse einzuordnen kann es nützlich sein, sich die Kortexveränderungen bei Experten klar zu machen.

Diese haben keinen Verlauf wie den gerade beschriebenen, sondern bestehen in Verdichtungen der grauen Substanz, die parallel zu dem Lernen/Handeln/Arbeiten eines Menschen entstehen. Bei Musikern konnte man eine Verdichtung in einem Teil des Kortex feststellen, der für die Sprachproduktion Bedeutung hat. Die Verdichtung korrelierte mit der Dauer der Instrumentenpraxis und ist auch robust gegenüber dem sonst stattfindenden altersentsprechenden Abbauprozess (Sluming et al., 2002; zitiert bei Hoppe, 2006). - Diese Wirkungen der Tätigkeit auf das Gehirn bezeichnet man als Plastizität des Gehirns. Sie ist unabhängig vom IQ und kann bei hochbegabten Kindern bei entsprechender Expertisierung eben so erreicht werden wie bei normalbegabten.

Berühmt ist die Untersuchung der Neurologen Neil Burgess und Eleanor Maguire (2002; <http://www.icn.ucl.ac.uk/nburgess/papers/Burgess02.pdf>), University College London, an Londoner Taxifahrern. Die Autoren gewannen u.a. Taxifahrer aus London als Versuchspersonen und stellten fest, dass diese einen deutlich größeren Hippocampus als Vergleichspersonen besitzen. In der rechten Hälfte des Hippocampus, der im vorderen Bereich des Gehirns sitzt, werden räumliche Erinnerungen angelegt. Der Hippocampus wächst und schrumpft, je nach Anforderungen. Maguire stellte auch fest, dass bei Taxi-

fahrern im Ruhezustand der Hippocampus wieder schrumpft. Im Tierexperiment konnte Ähnliches bei Vögeln beobachtet werden, die Nahrung für den Winter verstecken, im Vergleich zu Artgenossen, die in Gefangenschaft aufwuchsen.

Die erhöhte kognitive Effizienz, die Hochbegabung ausmacht, entspricht der fluiden Intelligenz nach Cattell. Davon ist die kognitive Effizienz des Experten, im Beispiel der Musiker, die durch Erfahrung erworben ist (kristalline Intelligenz), abzugrenzen. Cattell definiert Begabung als beides, die fluide sieht er als genetisch determiniert an, die kristalline als Ergebnis tatsächlicher Aufgabenbewältigung.

3. Cattells zwei Faktoren

Raymond Bernard Cattell identifizierte zwei Intelligenzfaktoren, die fluide (oder flüssige) und die kristalline Intelligenz (<http://wopedia.mobi/de/Intelligenztheorie>). Die fluide Intelligenz ist angeboren bzw. vererbt und kann nicht durch die Umwelt beeinflusst werden. Zu ihr gehören beispielsweise die geistige Kapazität, die Auffassungsgabe, das generelle Verarbeitungsniveau. Die kristalline Intelligenz umfasst alle Fähigkeiten, die im Laufe des Lebens erlernt bzw. durch die Umwelt bestimmt werden. Natürlich wird die kristalline auch von der fluiden Intelligenz bestimmt. Sie umfasst sowohl explizites Wissen (semantisches und episodisches, wie z. B. Faktenwissen), als auch implizit Gelerntes (bestimmte Verhaltensweisen, Fahrradfahren, Rechnen etc.).

Cattell: fluide vs. kristalline (kristallisierte) Intelligenz

Die Forschung in dieser Richtung gingen weiter und 1963 stellte Raymond Bernard Cattell sein Modell der „fluid and crystallized general intelligence“ vor, wobei er auch Spearman's Modell aufgriff und nach seinem Ermessen modifizierte. Er führte ebenfalls mehrere Faktorenanalysen durch und kam auf drei Ordnungsebenen. Dabei sind die Faktoren umso allgemeiner gehalten, je höher die Ordnung ist. Es gibt sechs Faktoren 1. Ordnung und zwar verbale, räumliche, logische und numerische Fähigkeiten, sowie Sprachfluss und Gedächtnis. Die Faktoren 2. Ordnung gliedern sich dann in die fluide und kristalline Intelligenz, auf die das größte Augenmerk gelegt wird. Die Faktoren 3. Ordnung schließlich sind die historische fluide Intelligenz und die allgemeine Lernerfahrung. Die beiden Faktoren 2. Ordnung besitzen unterschiedliche Eigenschaften.

Die fluide Intelligenz ist für die Analyse von Aufgaben zuständig. Sie beinhaltet vor allem angeborene Leistungsfähigkeiten, ist daher auch als eher allgemein und instinktiv zu betrachten. Die bloße Fähigkeit, die Kapazität, zum Wissenserwerb ist ebenfalls durch die fluide Intelligenz zu begründen. Fähigkeiten wie logisches Denken oder die Herstellung und der Gebrauch von komplexen Bezügen ist diesem Faktor unterzuordnen und bestimmt vor allem das Vermögen sich neuen Problemen und Situationen anzupassen. Um diesen Teil der Intelligenz messbar zu machen, lassen sich kulturfremde Tests anwenden; das bedeutet, dass sich diese Tests nicht auf Allgemeinwissen beziehen, das ja kulturell unterschiedlich ist. Dabei kann man davon ausgehen, dass die fluide Intelligenz von der jeweiligen Testsituation beeinflusst wird. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die fluide Intelligenz sehr an intakte neuronale Strukturen und Prozesse gebunden ist und dementsprechend durch Krankheit oder Verletzung beeinträchtigt werden kann. Bei der Entwicklung ist etwa im Alter von 14/15 Jahren ein Stillstand zu verzeichnen und ab dem 22. Lebensjahr ist sie sogar etwas rückläufig.

Die von der fluiden Intelligenz z. T. abhängige kristalline Intelligenz hingegen bezieht sich auf die Ausführung einer Arbeit, das Lösen einer Aufgabe und zwar bezogen auf die Bildung, das Wissen. Hier gibt es nun die erwähnten kulturspezifischen Elemente. Das gespeicherte Wissen, die bisherigen Lernprozesse treten hier in den Vordergrund. Der Faktor zeigt sich besonders in verbalen, sowie numerischen oder mechanischen Fähigkeiten im Verstand und der Urteilsfähigkeit. Die kristalline Intelligenz ist am besten mit kulturspezifischen Tests zu erfassen. Dadurch, dass die kristalline Intelligenz das Wissen eines Menschen beinhaltet, lässt sich ein leichter Zusammenhang zur Persönlichkeit herstellen. Sie wird stark von Übung und Interesse beeinflusst. Bei der kristallinen Intelligenz ist die

Entwicklung ca. zwischen dem 18. bis 20. Lebensjahr weitestgehend beendet, sie kann sich jedoch auch bis zum 50. Lebensjahr erstrecken. Cattell bemerkte 1973: „Die kristalline Intelligenz ist gewissermaßen das Endprodukt dessen was fluide Intelligenz und Bildung gemeinsam hervorgebracht haben.“

Was zum Verständnis noch erwähnt werden sollte ist, dass die kristalline Intelligenz nicht gleichzusetzen ist mit der Leistung; denn sie bezieht sich auf den Umgang mit komplexen Zusammenhängen, während die Leistung jegliches schulisches Wissen des Individuums abdeckt. Es lässt sich somit sagen, dass bisher durchgeführte Tests an Gültigkeit verlieren, wenn das Modell angenommen wird, da kristalline und fluide Intelligenz nie getrennt voneinander erfasst worden sind.

Teil 2

Hinweise zum Enrichment

Diese neurobiologischen Forschungsergebnisse stammen aus unterschiedlichen Regionen und wissenschaftlichen Gruppierungen - und fast immer von Forschern, die keine Didaktiker sind. Eine Ausnahme ist John Geake, der von dem Ausgangspunkt der Erziehungswissenschaft in die neurobiologische Forschung gegangen ist.

Meine Auswahl hat sich nach den Anforderungen der Hochbegabtenförderung gerichtet, speziell des Enrichment.

Kritische Anmerkung zum Enrichment

Üblicherweise wird Enrichment sowohl präventiv oder kompensatorisch bei Unterforderung eingesetzt als auch zur Hinführung von hoher Leistungsfähigkeit zu Hochleistung und Expertisierung. Im Unterricht tritt es auf als Individualisierung, Differenzierung und Separierung nach Kriterien von Leistung und Interesse. Außerhalb des Unterrichts wird es als Zusatzangebot von schulischen, kommunalen und freien Trägern gestaltet.

Eine mögliche Herausforderung für den Einsatz kann eine problematische Entwicklung bei einem Schüler sein. Solche Situationen treten häufig als Folge von Unterforderung auf und äußern sich als Leistungsverweigerung, oppositionelles Verhalten oder „innere Emigration“, ungünstige soziale Resonanz - in der Wirkung als familiäre Spannungen. Eine Herausforderung Enrichment anzubieten kann aber auch das Ziel sein, hoch leistende Schülerinnen und Schüler „zu fördern“, d.h. ihre Fähigkeiten weiter in Richtung Excellence zu entwickeln. Ein Beispiel hierfür sind viele Wettbewerbe und Schülerakademien, die ausdrücklich hervorragende Leistungen als Ausgangsbedingung fordern.

In beiden Fällen ist mit Enrichment ein Zusatzangebot an zu Lernendem gemeint. Damit widerspricht die in Deutschland wichtigste Form der Hochbegabtenförderung - jedenfalls auf den ersten Blick - den kompensatorischen Anforderungen, die sich aus der von Shaw berichteten neurobiologischen Besonderheit ergeben.

Dieser Gegensatz kann durch entsprechende didaktische Gestaltung aufgehoben werden (vgl. die weiter unten genannten Strukturierungshilfen). Es ist wichtig, im konkreten Fall immer die Prüfkriterien anzulegen, die sich aus dem Prinzip „Weniger Wissen, mehr Struktur“ ergeben.

Dass die üblichen Enrichmentangebote dennoch oft als Förderung erlebt werden, liegt an zwei unmittelbaren positiven Wirkungen, die die verzögerte und dann negative Wirkung der Wissensaufladung überlagern. Enrichment findet in begabungshomogen Gruppen statt. Die TeilnehmerInnen erleben Gemeinsamkeit mit anderen Kindern, die ihnen ähnlich sind, während das Anders-Sein in ihren Regelgruppen sie häufig belastet. Und sie

werden auf angemessenem Leistungsniveau gefordert, können also den Zyklus von Schwierigkeit, Standhaftigkeit und schließlichem Sieg - und damit ihr eigenes Können - erfahren. Das sind nicht unwesentliche Wirkungen des Enrichment, aber das Problem der kognitiven Aufladung wird damit nicht gelöst, unter ungünstigen Bedingungen wird es sogar verstärkt.

Hier eine systematische Übersicht über die Wirkungszusammenhänge, die aufgrund der berichteten neurobiologischen Ergebnisse anzunehmen sind:

Berichtet	Wirkungen
Frau Teuchert-Noodts Hinweise auf zelluläre Bedingungen für erhöhte Wachheit legen nahe, die Informationsverarbeitung von Hochbegabten als erweitert angenommen werden muss	Mehr spontane Wissensaufnahme als bei normal Begabten
Shaw et al. Entwicklung des Kortex	Hinweis auf <ul style="list-style-type: none"> - hochbegabtenspezifische Anhäufung von Information - Ökonomisierung als Ziel der Gehirnreifung, das verzögert erreicht wird
Geake, Zang: Kognitive Kontrolle	Präferenz von kognitiven Handlungen auf höherem Anspruchsniveau, positive Wirkung auf Verhaltensentwicklung, wenn diese höheren kognitiven Handlungen verstärkt angefordert werden
Geake, Kanevsky: Deduktives Verstehen	Neigung zur Konzeptualisierung, Wunsch nach Hinweisen auf Meta-Ebene
Kognitive Verfrühung	Anders-Sein gegenüber Gleichaltrigen, chronische Unterschreitung des Leistungsvermögens aufgrund von Jahrgangsklassen
Höhere kognitive Effizienz	frühe Selbstwahrnehmung von Tüchtigkeit, nachfolgend Selbstanspruch, eventuell hin zu Perfektionismus und/oder Diskrepanz zwischen kognitiver Tüchtigkeit und schulischer Leistung

Im Umgang mit Hochbegabten, die eine ungünstige Lernbiografie und oft auch eine problematische Persönlichkeitsentwicklung haben (in unserer Schule für hochbegabte verhaltensschwierige Kinder und Jugendliche), wird ihr Bedürfnis nach intellektueller Ordnung und die Zurückweisung von anspruchlosen Denkroutinen spürbar. Obwohl sie schlechte Lerner sind, brauchen sie eine anspruchsvolle (taxonomisch hohe) Ebene des Denkens, auf der sie offenbar leichter lernen als bei einer Absenkung des Anspruchs. In den Jgst. 6 - 8 erleben wir Schüler, die einem einfachen Lehrerbericht nicht folgen können, obwohl sie geäußert haben, gerade an diesem Thema interessiert zu sein. Sie fallen nach kurzer Zeit ab, oder aber sie beteiligen sich, schweifen aber herum und können die Richtung nicht halten. Am Tag darauf haben sie keinerlei Gedächtnisspuren mehr, ja bereits am Ende der Stunde fällt es ihnen sehr schwer zu benennen, was ihnen geboten wurde. Natürlich sind solche Situationen auch Anlass, sich mit Anderem zu beschäftigen, so dass Unterrichtsstörungen entstehen. Wir erklären das damit, dass sie den Kontext in ihrem Wissensvorrat nicht finden, von dem aus sie ergreifen könnten, was ihnen gerade angeboten wird. Ihr Wissen ist nicht organisiert, das Neue adressiert nicht das Vorhandene. dass sie keine Handlungsaufforderung an ihr Denken erleben. Die bloße Rezeption gibt den Denkhandlungen keinen Raum, für die Zhang Li die positiven Wirkungen auf Denken und Verhalten berichtet hat.

Diese Situation führt im Regelunterricht ins Risiko. Wir erklären zu oft die Lernschwierigkeiten von so genannten Underachievern mit Langeweile und Motivationsschwäche. Beides ließe ja den Schluss zu, dass mit einer Geste der Arroganz an sich vorhandene Chancen nicht genutzt werden. Ich experimentiere (zunächst) in heuristischer Absicht mit dem Begriff „nicht kognitive Lernbehinderung“; darunter ordne ich die Veränderungen der

Persönlichkeit ein, die das Lernen blockieren (erlernte Hilflosigkeit, subjektive Irrelevanz, Abwesenheit von Zielen, überproportionale Bedeutung von Konflikten mit Eltern, LehrerInnen und MitschülerInnen ...). Unter dem Eindruck der neurobiologischen Berichte muss dem hinzugefügt werden, dass auch ein erhöhtes kognitives Risiko der Hochbegabten aus dem folgt, was Shaw herausgefunden hat. Das Erscheinungsbild der nicht hochleistenden Hochbegabten ist konsistent mit den Annahmen,

- dass während der Grundschulzeit zwar ein außergewöhnliches Aufnahmevermögen vorliegt, das aber nicht durch geordnetes Denkhandeln verwaltet werden kann (Verdickung der linken Hemisphäre, während bei Normalbegabten bereits die Organisierung einsetzt);
- dass die Organisierung des Denkens oft zu spät einsetzt, nicht mit zehn oder elf Jahren, sondern deutlich später. Interessanterweise berichten Shaw et al. eine solche verspätete Entwicklung auch für Kinder mit ADHD (Shaw et al. 2007).

Aus diesen Überlegungen folgt,

- dass den ausgeweiteten Aufnahmemöglichkeiten der hochbegabten Grundschulkinder möglichst früh Organisationshilfen geboten werden sollten;
- dass diese Organisationshilfen den Anteil von Hochbegabten im Risiko - etwa 20 Prozent der 2 Prozent Hochbegabter (Gipfel in der dritten und sechsten/siebenten Jgst.) - einschränken könnten;
- dass Enrichments niemals die Wissensfülle vermehren sollten, ohne zugleich strukturierend zu wirken; und dass sie zu präventiven Zwecken eingesetzt werden könnten, um ausdrücklich die Strukturierung zu unterstützen.

Auch bei den (sehr) schlecht lernenden Hochbegabten gilt und muss beachtet werden, was Zhang Li in seinem oben genannten Bericht schreibt. Sie haben trotz ihrer ungünstigen Leistungen eine herausragende Fähigkeit, durch Analogie, Transfer, Assoziation und Phantasie zu lernen. Auch sie werden daher davon profitieren, dass ihr Unterricht dem angepasst wird; auch bei ihnen wird sich eine Beruhigung des Verhaltens zeigen, wenn das Passungsproblem aufgelöst wird.

Wege für Organisationshilfen

1. Selbsttätigkeit

Der einfachste und didaktisch älteste Weg ist der der Selbsttätigkeit. Wenn neues Wissen von bestehendem aus weitgehend selbständig erarbeitet wird, dann muss vorhandenes Wissen genutzt werden, um das Neue heranzuholen: es einzuordnen, mit Anderem zu vergleichen, in seinen Bedingungen und Wirkungen einzuschätzen, vielleicht muss es sogar erst aus Bestehendem erschlossen werden ... In diesen Fällen wird das vorhandene Netzwerk im Gehirn aktiviert und die Adressierungen des Vorhandenen werden verstärkt; dem Prinzip des Gedächtnisses wird also optimal Rechnung getragen, denn: Das Gehirn hat keinen Speicherort, sondern seine Leistung ist immer als Prozess zu verstehen. Die Speicherung von Neuem und die Aktivierung von Gelerntem bestehen neurobiologisch in der optimalen Einstellung von Verbindungsstärken zwischen Neuronen, die Information repräsentieren. Speicherung setzt Kommunikation voraus, und diese funktioniert umso besser, je häufiger die verschiedenen Informationen in immer wiederkehrenden oder variierenden Zusammenhängen aufgerufen werden.

2. Konzeptlernen

Ein besonders effizientes Gehirn zu haben heißt ja auch immer, einen ständigen Einstrom von Information zu verarbeiten; darauf hat Geake aufmerksam gemacht, und das folgt auch aus den Hinweisen von Teuchert-Noodt. Um diesen Einstrom zu bewältigen, müssen Ordnungsarbeiten geleistet werden, damit alles zweckmäßig verknüpft und gut wieder auffindbar ist. Der Bericht von Shaw heißt aber nichts anderes als dass die Ordnungsarbeiten bei Hochbegabten zeitlich versetzt erst nach der überbordenden Wissensaufnahme geleistet werden.

Der fördernde Unterricht für Hochbegabte muss weg von dem vielerlei Besonderen hin zu der Stufung von Überblick oder Allgemeinem einerseits und Einzelnem (Konkretem) andererseits. Wie Regenwolken Kondensationskerne brauchen, um zu Regen zu werden, so braucht die Informationswolke Konzepte, um zu Wissen zu werden. Konzepte sind die grundlegenden Ordner des Wissens, sozusagen vorhandene Adressen, auf die das Neue trifft, um einzuziehen und erreichbar für Botschaften zu sein, dass sie nämlich zur Arbeit kommen sollen, etwa um Fragen zu klären.

Die Fragen, die diese Aufforderung zur Wissensorganisation aufwirft, sind in der Vergangenheit zu Zankäpfeln zwischen Neurobiologie und Lernpsychologie geworden, öffentlich sichtbar besonders von Elsbeth Stern, früher MPI für Bildungsforschung, Berlin, jetzt TH Zürich, einerseits und Henning Scheich, Direktor des MPI für Neurowissenschaften, Magdeburg, andererseits geführt.

Stern sagt, dass Lernprozesse nicht unabhängig vom Stoff gesehen werden dürften. Scheich sagt genau das Gegenteil: „Lernprozesse laufen völlig unabhängig vom Stoff ab.“ Kinder müssten in erster Linie Denkstrategien entwickeln und trainieren können. Scheich sieht die Fixierung auf den Unterrichtsstoff als das Manko des deutschen Schulsystems an. Weil der Unterricht auf den Durchschnitt ausgerichtet sei, kämen sowohl Begabte als auch Schüler mit Lernschwierigkeiten zu kurz.

Scheich hat in dieser Kontroverse mit Stern für Exemplarisches Lernen geworben und damit eben das Konzeptlernen gemeint, das aus dem Stand der Neurowissenschaften zu begründen ist.

Ein berühmtes Beispiel für Konzeptlernen ist etwa das von Bruner berichtete Landkartenbeispiel: In einer Schulstunde wird den Kindern die geografische Landkarte von Nordamerika mit der Aufforderung vorgelegt, die großen Städte einzutragen. Es gab keine Namensliste, auch keine weiteren Hinweise. Die Kinder waren daher genötigt herauszufinden, wo Städte liegen könnten (an Flußmündungen, nicht auf den Bergen, in geschützter klimatischer Lage ...). Sie erlernten also nicht die Namen der Städte, diese wurden ihnen nachgereicht, sondern die Motive menschlichen Siedlungsverhaltens. Diese sind das Konzept, die konkreten Städte das Vielerlei des Wissens.

3. Kritisches Denken / Wissenschaftliche Grundbildung

Denken wir noch einmal an die Forschungsergebnisse von Zhang Li (Einsatz höherer kognitiver Anforderungen führt zu gelöster Atmosphäre im Unterricht), dann ist zum Konzeptlernen anzufügen, dass sowohl der Entwurf als auch die Nutzung der Konzepte immer anspruchsvolle kognitive Handlungen erfordert: Analogisieren, vergleichen, transferieren, prüfen, subsumieren, erklären, prognostizieren, bewerten

In der amerikanischen Didaktik werden diese Handlungen zusammengefasst unter den Begriff des Kritischen Denkens - hier kann nicht eine bestimmte Richtung oder ein Namen genannt werden, Kritisches Denken ist ein Begriff, der den Unterricht der Schulen ab etwa dem 12. Lebensjahr bis hin in die Universitäten begleitet. Dabei geht es um Verstehen und Anwendung der wissenschaftlichen Methode eben so wie um die dem Laien hilfreiche Fähigkeit zur Selbstvergewisserung seines Denkens.

In der Didaktik der angelsächsischen Ländern werden Rationalität und Emotionalität nicht wie bei uns polarisiert. Bis zu Beginn der internationalen Bildungsvergleiche in den 90er Jahren wurde in Deutschland (nicht in der Schweiz und Österreich) die „ganzheitliche“ Persönlichkeitsentwicklung im Konflikt mit dem Anspruch einer wissenschaftlichen Grundbildung gesehen (In einem Satz eines der Protagonisten dieser Kritik, Horst Rumpf, 1978 während einer Konferenz: ((Eine Didaktik der Rationalitätsentwicklung)) macht den Körper eines Kindes zur Prothese seines Intellekts). Dieser Konflikt spielt in den angelsächsischen Ländern, die weniger von der Kritischen Theorie der Frankfurter Schule berührt wurden, kaum eine Rolle. Hier ein Auszug aus dem berühmten Aufsatz „Theory into Practice“ von John Dewey (The middle works: Theory into Practice, übers. v. Eckerle). Er

enthält in knappen Worten die theoretische Begründung für die Konzentration des Unterrichts auf das Denkhandeln. Über die Inhalte des Unterrichts sagt er:

"Auch wenn es sich nicht um technisch bestimmte Wissenschaft handelt, geht es doch um Inhalte, die aus methodischer Arbeit hervorgegangen sind - sie sind ausgewählt und angeordnet unter Berücksichtigung von normativen intellektuellen Kriterien. Daher ist Methode im Inhalt selbst - Methode auf der höchsten Stufe, die menschliches Denken bis jetzt erreicht hat: wissenschaftliche Methode. ..."

Es kann nicht genug betont werden, das die wissenschaftliche Methode die Methode des menschlichen Geistes selbst ist. Die Zuordnungen, Interpretationen und Verallgemeinerungen liegen nicht äußerlich in den Fakten, die vom Denken zu unterscheiden wären. Sie geben Einstellungen und Arbeitsergebnisse unseres Denkens wieder, die bei dessen Versuch entstanden sind, das Rohmaterial der Erfahrung zu einem Punkt zu entwickeln, an dem es den Bedürfnissen aktiven Denkens entspricht und diese anregt. ... (S. 263)

Es ist die Aufgabe der Schulen wie auch der Lehrerbildung, wissenschaftliches Wissen ... in den Fächern ... so anzubieten, dass der Schüler/Student sieht und spürt, dass diese Unterrichtsgegenstände signifikante Verkörperungen geistigen Tuns sind. Er sollte angeleitet werden zu entdecken, dass sie nicht Ergebnisse sozusagen technischer Methoden sind, die zum Nutzen spezieller Wissensbereiche ... entwickelt wurden, sondern dass sie grundlegende Einstellungen und Handlungsweisen unseres Denkens repräsentieren - dass in Wirklichkeit bestimmte wissenschaftliche Methoden und Zuordnungen in ihrer konkretesten Form einfach darstellen und erhellen, was schlichte und allgemein verfügbare Formen der gedanklichen Aktivität vermögen, wenn die Bedingungen günstig sind. ... (S. 264)

... es ist Aufgabe zukünftiger Lehrerausbildner, die Inhalte des Lehrens zu deren allgemeinen psychischen Grundlagen zurückzubringen ... Das bedeutet, dass ein Denkverhalten, das eingeübt ist, Inhalte vom Standpunkt ihrer Funktion in Verbindung mit geistigen Rückmeldungen, Einstellungen und Methoden zu sehen, empfänglich wird für Anzeichen von geistiger Aktivität, ob sie nun an einem vierjährigen Kind oder an einem Jugendlichen von 16 Jahren sichtbar wird, und er wird an spontane und unbewusste Wahrnehmung der Inhalte gewöhnt sein, die geeignet sind, geistige Aktivität auszudrücken und zu leiten." (S. 265)

Dahinter steht die Vorstellung des „man as scientist“, die einen kontinuierlichen Übergang zwischen dem Denken des Laien und dem des Wissenschaftlers meint, sofern beide versuchen, ein Problem so zu lösen, dass sie Fehler vermeiden. Jerome S. Bruner: „Die intellektuelle Aktivität ist immer die gleiche, unabhängig von ihrem besonderen Bereich, ob sie nun an der vordersten Front des Wissens oder im Klassenraum der dritten Jahrgangsstufe stattfindet. Was ein Wissenschaftler an seinem Schreibtisch oder in seinem Labor tut, was ein Literaturkritiker tut, wenn er ein Gedicht liest, immer ist es von der gleichen Art wie bei anderen, die (strukturell) Vergleichbares tun – sofern sie Verständnis erreichen wollen.“

In Deutschland wurde diese Vorstellung zu dem übergeordneten Lernziel der großen Bildungsreform der 70er Jahre umgearbeitet: Wissenschaftliche Grundbildung. Grundsätzlich kann die Reform als Versuch aufgefasst werden, die amerikanische Curriculumtheorie und empirische Schulforschung für die Gestaltung des deutschen Bildungswesens aufzugreifen. Ganz im amerikanischen Sinn wurde Wissenschaftliche Grundbildung als nützlich für beides, die Bewältigung des Lebens und die Vorbereitung auf ein wissenschaftliches Studium, eingeführt. Wie fremd dieser Grundgedanke für die deutsche Bildungsverwaltung wie auch für die Lehrerschaft war, zeigte sich in dem nachfolgenden Missverstehen. Wissenschaftliche Grundbildung wurde inhaltlich aufgenommen, als wissenschaftsorientiertes Lernen, oder mit kritischem Unterton als Verwissenschaftlichung. Die Schule hat von der umfassenden konzeptuellen Arbeit, die für die Reform geleistet wurde, letztlich nicht profitiert (vgl. Eckerle 1977). Erst in Folge der enttäuschenden Bildungsvergleiche

treten jetzt Ersatzideen auf, am nächsten die verbindlichen „Operatoren“ der Gymnasialen Oberstufe, die nichts anderes sind als umschriebene und nach Anspruchsniveau gestufte kognitive Handlungen. Die Operatoren bleiben nach meinem Eindruck dem Lernen äußerlich. Sie werden erläutert, aber der Raum im Unterricht, der dem Verstehen und Anwenden der Operatoren dient, ist ohne didaktische Basis. Er ist nicht in ein Konzept des fächerübergreifenden wissenschaftspropädeutischen Arbeitens eingebunden.

Anders in den Vereinigten Staaten. Critical Thinking hat in zahlreichen Variationen die Aufgabe, neben dem Wissen das Denken zu lehren, und zwar unabhängig von konkreten Inhalten. Speziell für die Hochbegabtenarbeit wurde etwa das Williams Model entworfen oder die „Taxonomy of Type II Process Skills“ des Neag Center for Gifted Education and Talent Development der Universität von Connecticut. Außerhalb der Hochbegabtenarbeit stehen die Entwürfe von Benjamin Bloom, der Gesellschaft für Kritisches Denken, der einzelnen Universitäten und Colleges - und in mancher Hinsicht abgegrenzt die Arbeit von Edward de Bono, der seine Vorschläge auch für Kinder zusammengefasst hat.

Die Enrichment-Vorschläge von Joseph Renzulli

Der Begriff Enrichment stammt von Joseph Renzulli, einem amerikanischen Psychologen, der sich seit Jahrzehnten mit Hochbegabtenforschung befasst. Sein bekanntestes Werk ist das Schoolwide Enrichment Model, in dem er schulorganisatorisch und methodisch zusammenstellt, wie nach seiner Auffassung Enrichment gehandhabt werden soll. Seine Vorschläge kombinieren Motivation (Typ I), Aufbau von Fähigkeiten um diese Leistung erbringen zu können (Typ II) und Herausforderung von selbständiger Leistung (Typ III).

Typ I - Erfahrungen für die einzelnen Schülerinnen und Schüler in Gebieten, die üblicherweise nicht im Curriculum enthalten sind. Lebensweltliche Situationen, in denen Kinder mit Bereichen zusammengebracht werden, die sie verstehen, untersuchen und bei denen sie mitmachen können. Häufig wird Projektunterricht so organisiert, dass er ganz auf dieser erlebnishaften Ebene bleibt. Wichtig ist, dass hier keine formelle Instruktion stattfindet. Das Ziel ist die Begegnung mit Konkretem und Interessebildung.

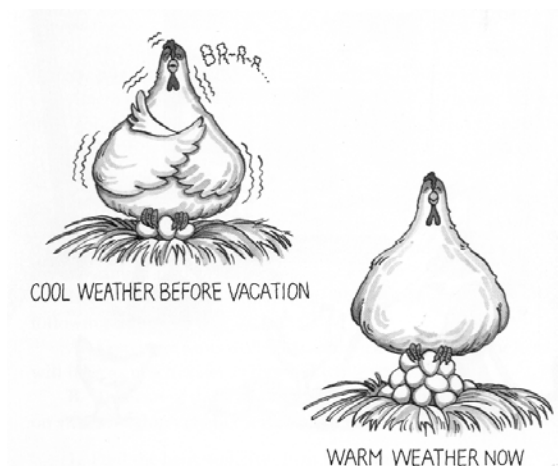
Typ II - Übungen, die die Entwicklung der Denkfähigkeit und der Gefühle unterstützen. Hier stehen die Inhalte nicht im Vordergrund, sondern sie werden zu austauschbaren Anlässen des kognitiven Arbeitens, bei dem bestimmte kognitive Handlungen benannt und eingeübt werden, so dass sie willentlich, kontrolliert und zielgerichtet eingesetzt werden können.

Type III - Individuelles oder in Kleinstgruppen durchgeführtes Forschen, bei dem Schülerinnen und Schüler methodisch professionell handeln können. Typ III fordert überdurchschnittliche Fähigkeiten, Aufgabenzuwendung und Kreativität. Forschendes Lernen oder Facharbeiten gehen in Deutschland in diese Richtung, entbehren aber der in Typ II angelegten spezifischen Vorbereitung.

Wie Unterricht in Typ II aussieht, wird am besten am Beispiel klar. Hier zwei Seiten aus einem Buch, das etwa in der siebenten Klasse einzusetzen wäre. Es geht um einen Jungen, der in die Ferien fährt und einem Nachbarn die Versorgung seiner Hühner überlässt. Als er zurückkehrt, stellt er überrascht fest, dass seine Hühner in seiner Abwesenheit mehr Eier gelegt haben als zuvor. Nun stellt er sich die Frage, weshalb das so war. In dem kurzen Ausschnitt wird überlegt, ob die erste Vermutung des Junge, dass die Wäserschalen größer gewesen sind, etwas mit dem überraschenden Befund zu tun haben könnte.

What could this experiment tell you? Suppose the hens begin laying lots of eggs. Suppose they are laying two or even three times as many eggs as they had before vacation. It must be because of the extra water, right? Maybe, but maybe not. Perhaps there is another explanation.

Your hens might be laying more eggs now for a completely different reason. What if the weather has suddenly gotten warm, and the change in weather is causing your hens to lay more eggs?



What if the sun hatched thousands of grasshopper eggs last week? Maybe hundreds of baby grasshoppers are leaping into the chicken pens and your hens are gobbling them up.

Perhaps the extra food is causing them to lay more eggs.

Aus: Stephen P. Kramer, 1987.

In anderen Büchern geht es auch um methodisch strengere Formen, etwa isoliertes Training von Analogien, eine Arbeitsweise, die man gut für drei Anlaufminuten zu Beginn des Unterrichts einsetzen könnte.

In einem für etwa zwölfjährige Kinder verfassten Wissenschaftswörterbuch werden sowohl allgemeine als auch fachspezifische wissenschaftliche Begriffe erklärt, anschließend die kognitiven Handlungen der wissenschaftlichen Methode zunächst allgemein und anschließend fachbezogen veranschaulicht ... Die Materialien zu Typ II sind unübersehbar viele.

In der Hochbegabtenförderung haben wir aus meiner Sicht hier den Kern vor uns, an dem die Förderung auf die neurobiologischen Bedingungen des Lernens antwortet. Lernen am Konkreten, Lernen des allgemeinen Denkhandelns und dann die forschende Anwendung des Denkhandelns auf das Konkrete - davon profitieren auch Hochleistende, aber für Hochbegabte, die entmutigt und oppositionell oder resignativ sind, sind sie notwendig.

Literatur

Bloom, Benjamin. Website zu Bloom: Critical Thinking Across the Curriculum by B. Fowler, Longview Community College. <http://eduscapes.com/tap/topic69.htm>

Braun, Katharina, 1998. In: W. Gaebel, P. Falkai. Zwischen Spezialisierung und Integration - Perspektiven der Psychiatrie und Psychotherapie. Wien, New York: Springer, S. 4 - 9

http://books.google.de/books?id=0BS_XVosQxIC&pg=PA4&lpg=PA4&dq=Plastizit%C3%A4t+der+Gehirnbiologie+bei+fr%C3%BChkindlichen+Lern-+und+Erfahrungsprozessen&source=bl&ots=-ruGv4rKEH&sig=rc6U8inP8lia9YPgesJBvrFOLsU&hl=de&ei=T5H2SqzyMsbF_gabkvG2Aw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAgQ6AEwAA#v=onepage&q=Plastizit%C3%A4t%20der%20Gehirnbiologie%20bei%20fr%C3%BChkindlichen%20Lern-%20und%20Erfahrungsprozessen&f=false

de Bono, Edward. 1993. Teach your Child how to Think. New York: Viking Penguin. Erstveröffentlichung 1992, London: Penguin Books Ltd.

Eckerle, Gudrun-Anne. 1977. Zur Geschichte wissenschaftlicher Grundbildung. In: Neue Sammlung, 17, S. 434 - 449
<http://www.hochbegabtenhilfe.de/l234de/Texte-des-IGWissenschaftliche-Grundbildung/>

Geake, J. G., & Gregson, R. A. M. (1999). Modeling the internal generation of rhythm as an extension of nonlinear psychophysics. *Musicae Scientiae*, 3(2), 217-236.

Geake, J. G. (2005). The neurological basis of intelligence: Implications for education – An abstract. *Gifted and Talented*, 9(1), 8.

Geake, J. G. (2005). The neurological basis of intelligence: Implications for education – An abstract. *Gifted and Talented*, 9(1), 8.

Geake, J. G. 2006,1. Mathematical brains. *Gifted and Talented*, 10(1), 2-7. 16

Geake, J., 2006,2. The neurological basis of intelligence: A contrast with 'brainbased' education. *Education-Line*. <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/156074.htm>

Geake, J. G., 2008. The Neurobiology of Giftedness. In E. Polyzoi (Ed) Selected Papers from the 2007 Warwick Biennial Conference, WGTC: Winnipeg

Geschwind, N., Galaburda, AM., 1987. Cerebral Lateralization. Biological Mechanisms, Associations and Pathology. A Bradford Book. MIT Press. Cambridge, Mass. USA.

Gesellschaft für Kritisches Denken. www.criticalthinking.org

Hoppe, Ch.; Stojanovic, J.; Elger, Ch.E., 2006. Hochbegabung und Gehirn: Ein Überblick über die wissenschaftliche Literatur, S. 9.
http://www.epileptologie-bonn.de/cms/front_content.php?idcat=231

Kanevsky, L. S. & Geake, J. G. (2005). Validating a multifactor model of learning potential with gifted students and their peers. *Journal for the Education of the Gifted*, 28(2), 192-217

Kramer, Stephen P. 1987. How to Think like a Scientist. New York: Harper Collins Publishers, S. 22 ff

Lee, K. H., Choi, Y. Y., Gray, J. R., Cho, S. H., Chae, J.-H., Lee, S., & Kim, K. (2006). Neural correlates of superior intelligence: Stronger recruitment of posterior parietal cortex. *NeuroImage* 29(2), 578-86

O'Boyle, Michael W., 2008. Roeper Review, July-Sept, 2008 by M. Layne Kalbfleisch
http://findarticles.com/p/articles/mi_hb6470/is_3_30/ai_n31043700/?tag=rel.res1

Reis, Sally M. / Renzulli, Joseph S. / Stedtnitz, Ulrike. 2001. Das schulische Enrichment Modell SEM. "Das schulische Enrichment Modell SEM - Grundlagenband/ Begleitband". Oberentfelden (Schweiz): Sauerländer Verlag 2001

Williams Model (<http://www.curriculumsupport.education.nsw.gov.au/policies/gats/assets/pdf/uhsi3hstanzac.pdf>)

Renzulli, Joseph. Schoolwide Enrichment Model. o.J., <http://www.gifted.uconn.edu/sem/>

Shaw¹, D. Greenstein¹, J. Lerch², L. Clasen¹, R. Lenroot¹, N. Gogtay¹, A. Evans², J. Rapoport¹ & J. Giedd¹, 2006. Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature* 440, p. 676-679
<http://www.nature.com/nature/journal/v440/n7084/extref/nature04513-s1.pdf>

Shaw, Phillip. 2006. Entwicklung des Gehirns bestimmt Intelligenz. Innovationsreport, 3. April 2006
http://www.innovations-report.de/html/berichte/medizin_gesundheit/bericht-57395.html?

Shaw P, Lerch J, Greenstein D, et al., 2006. Longitudinal mapping of cortical thickness and clinical outcome in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Arch Gen Psychiatry*. 63(5):540–549.

Shaw, Phillip et al., 2007. Brain Matures a Few Years Late in ADHD, But Follows Normal Pattern. <http://www.nimh.nih.gov/science-news/2007/brain-matures-a-few-years-late-in-adhd-but-follows-normal-pattern.shtml>

Skoyles, John R., 2008. Human metabolic adaptations and prolonged expensive neurodevelopment: A review. Centre for Mathematics and Physics in the Life Sciences and Experimental Biology (CoMPLEX), University College London
<http://precedings.nature.com/documents/1856/version/1>

Stern, Elsbeth und Scheich, Henning. Streitgespräch Volksstimme, 7. Oktober 2006.
http://www.ifn-magdeburg.de/assets/files/press/Scheich_Stern_Vst.pdf

"Taxonomy of Type II Process Skills" des Neag Center for Gifted Education and Talent Development der Universität von Connecticut.
<http://www.gifted.uconn.edu/sem/typeiips.html>

Teuchert-Noodt, Gertraud. 2008. Erläuterungen während einer Tagung im April 2008

Zhang Li, 2006. Discussion on the Development of Gifted Children's Thinking Abilities in Chinese Study. Beijing Yucai School, China.
http://www.hkage.org.hk/events/080714%20APCG/02-%20Curriculum%20&%20Instruction/2.1%20Zhang_Discussion%20on%20the%20Development%20of%20Gifted%20Children%27s.pdf