# Schule „mit“ Hirn

**Neurowissenschaftliche Befunde und ihre Konsequenzen für pädagogisches Handeln**

*Gilbert Mohr*

*Universität des Saarlandes*
*Praxis für neuropsychologische Diagnostik und Rehabilitation*
*Saarbrücken*





## Neurowissenschaft – was man darunter versteht

- Untersuchung von Verhalten, Denken, Lernen, Emotionen etc.
- die Überzeugung, **dass** Verhalten, Denken, Lernen, Emotionen etc. durch das Nervensystems gesteuert wird
- die Bemühung zu verstehen, **wie** das Nervensystem, das Gehirn Verhalten, Denken, Lernen, Emotionen etc. steuert.

## Zwei Positionen

- Neurowissenschaftliche Befunde sind für pädagogisches Handeln im Schulkontext irrelevant, weil das Gehirn dann schon fertig entwickelt ist.
- Neurowissenschaftliche Befunde liefern wesentliche Kriterien für die Unterscheidung „guter“ und „schlechter“ Bildungskonzepte.





## „Gute“ und „schlechte“ Bildungskonzepte aus neurowissenschaftlicher Sicht

- Orientierung an der optimalen Entwicklung des neuronalen Systems
- Entstehung möglichst leistungsfähiger perzeptueller und kognitiver Systeme
- Entstehung möglichst differenzierter emotionaler und sozialer Regulation

- keine zweckoptimierenden Kriterien (z.B. möglichst schnell, möglichst angepasst an welches politisches, ideologische oder ökonomisches Bedürfnis auch immer)

## Überblick

- Die Hirnentwicklung ist im frühen Kindesalter nicht abgeschlossen. Im Schulalter finden spezifische Reifungsprozesse im Bereich höherer kognitiver Funktionen und im Bereich emotionaler und sozialer Regulation statt.
- Der Aufbau gesunder neuronaler Systeme hängt mitunter von sensitiven Zeitfenstern ab. Inadäquate Umweltbedingungen in diesen sensitiven Phasen führen zu Pathologien oder Limitationen der Verarbeitung.
- Systematische Überforderung des neuronalen Systems führt zu funktionellen Defiziten und hirn-strukturellen Veränderungen
- Kognitive Leistungsfähigkeit ist nicht unabhängig von emotionalen Prozessen
- Neuronale Exzellenz entsteht nicht durch repetitives Einüben, sondern durch Agieren innerhalb herausfordernder Umgebungen, die den Aufbau neuen Verhaltens stimulieren.
- In den Bereich schulischer Bildung fallen massive neuronale Strukturierungsprozesse, die exekutive Funktionen, emotionale Regulation und soziale Interaktion steuern.

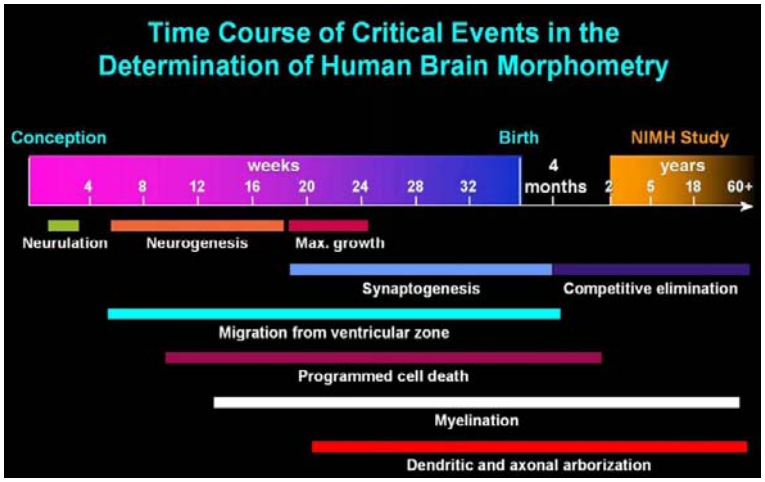




## Hirnentwicklung - lebenslang

- Es ist falsch anzunehmen, dass die Hirnentwicklung vor Beginn der schulischer Bildungsbemühungen abgeschlossen ist.
- Es ist falsch anzunehmen, dass die Entwicklung neuronaler Systeme unabhängig von Umweltfaktoren abläuft und damit Handeln in der Schule für die Hirnentwicklung irrelevant ist.

„Therefore, cognitive processing itself shapes the neural networks that are responsible for this processing in the first place. These changes to the brain's 'hardware' in turn change the nature of representations and their processing, which leads to new experiences and further changes to the neural systems. Therefore, the basis of cognitive development can be characterized by mutually induced changes between the neural and cognitive levels."
(*Westermann et al., 2007 p.75*)

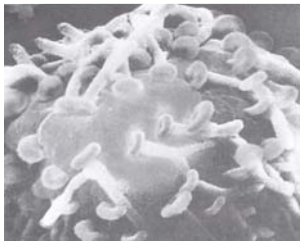



Lenroot,& Giedd, 2006

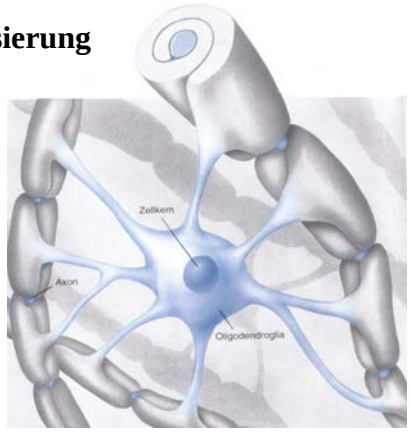




## Synaptogenese



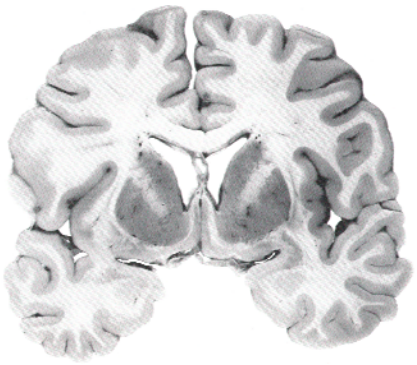
## Myelinisierung

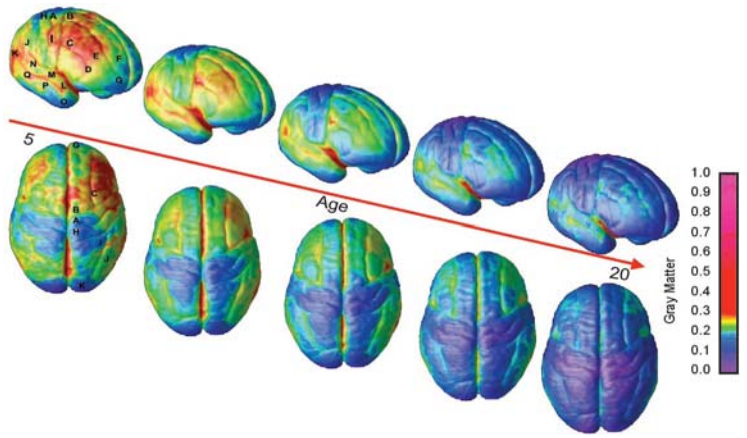







## Graue und weiße Substanz






Gogtay et al., 2004

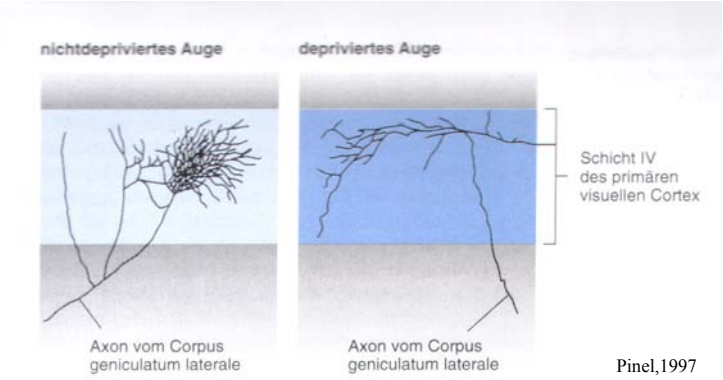




## Hirnentwicklung: Deprivation und kritische Zeitfenster

- Das Gehirn ist keine bei der Geburt fertige Maschine, die man nach Belieben wofür auch immer benutzen kann.
- Das Gehirn wird im positiven wie im negativen Sinn von Erfahrungen gestaltet (Neurokonstruktivismus).
- Für den Aufbau mancher Leistungen braucht es Erfahrungen innerhalb eines sensiblen Zeitfensters. Außerhalb dieses Zeitfensters entstehen bestimmte neuronale Strukturen und auch die entsprechenden Leistungen nicht mehr.

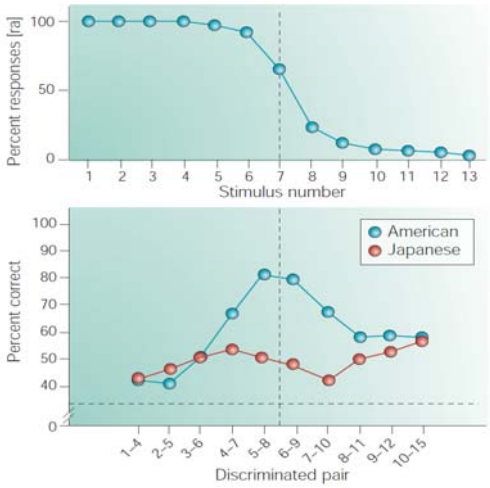
Monokulare Deprivierung: dauerhaft veränderte Schaltkreise im visuellen Cortex und Visusverlust auf dem deprivierten Auge




Pinel,1997








Phomemdiskrimination:
Zeitfenster: erste 12 Monate

Kuhl, 2004

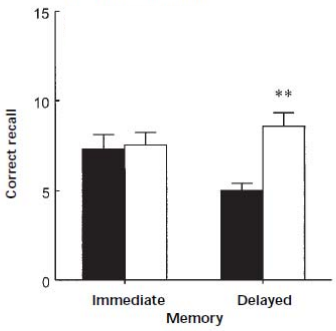
„Stresses placed on the developing individual by a mismatch between his or her capacities and demands placed by the environment will result in compensatory physiological responses and behaviors that in time may affect brain structures. This can be part of a normal learning process, or, if the mismatch is too severe, can result in pathology.“

(Lenroot & Giedd, 2006)

Überfordern die Anforderungen der Umwelt das sich entwickelnde Individuum, werden kompensatorisches Verhalten und entsprechende physiologische Reaktionen entstehen, die die Hirnstrukturen beeinflussen dürften. Das kann im Sinne eines normalen Lernprozesses sein. Die Überforderung kann aber auch zu Pathologien führen,wenn Anforderungen und Fähigkeiten zu weit auseinander fallen.



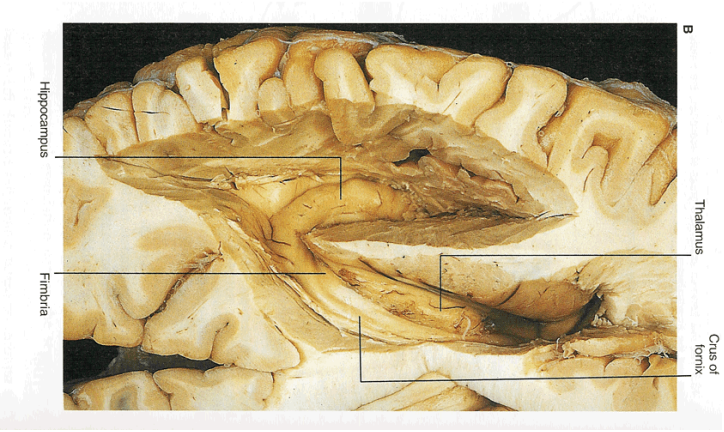





Hoher und ansteigender Cortisol-Level

Moderater und abfallender Cortisol-Level

(Lupien et al. 1998)


B
Thalamus
Crus of fornix
Hippocampus
Fimbria





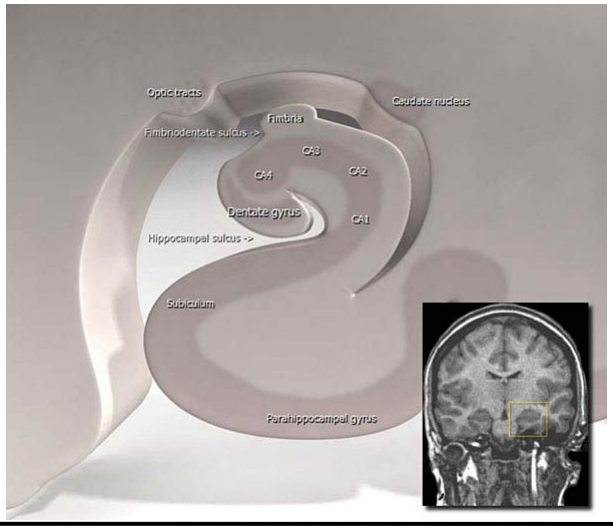

Optic tracts
Caudate nucleus
Fimbria
Fimbriodentate sulcus ->
CA3
CA4
CA2
Dentate gyrus
CA1
Hippocampal sulcus ->
Subiculum
Parahippocampal gyrus

**Table 1. MRI volumes for selected regions (right and left hemispheres combined, $cm^3$)**

| | Increasing/ High | Standard Error | Decreasing/ Moderate | Standard Error |
|---|---|---|---|---|
| Hippocampus | 4.00* | 0.08 | 4.54* | 0.13 |
| Parahippocampal Gyrus | 5.50 | 0.44 | 5.42 | 0.47 |
| Fusiform Gyrus | 8.57 | 1.11 | 8.24 | 0.69 |
| Superior Temporal Gyrus | 21.07 | 1.15 | 19.06 | 1.59 |
| Middle and Inferior Temporal Gyri | 26.73 | 1.43 | 27.82 | 1.21 |
| Head Size | 278.68 | 14.72 | 273.78 | 8.29 |

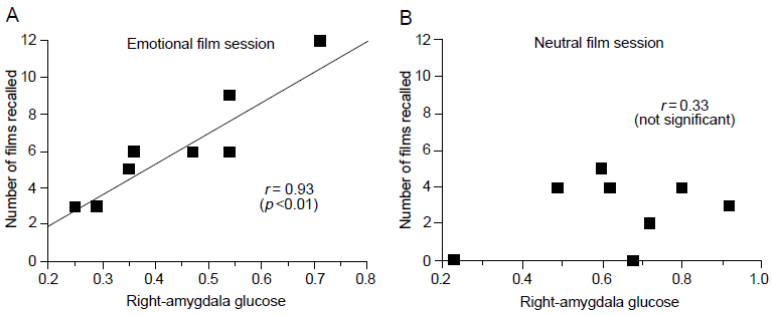
*significant difference at $p<0.001$

(Lupien et al. 1998)

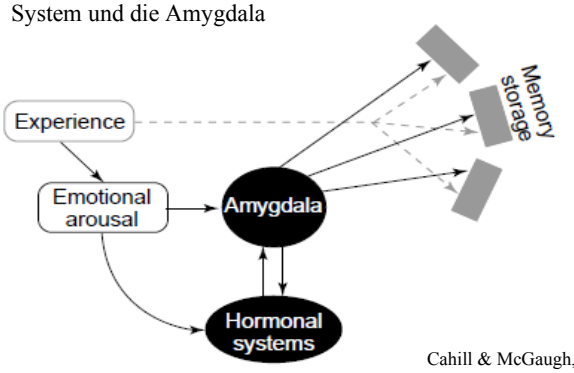




Gedächtnis und Emotion: Glucosestoffwechsel im rechten AC prädiziert die Recall-Leistung für emotionales Material



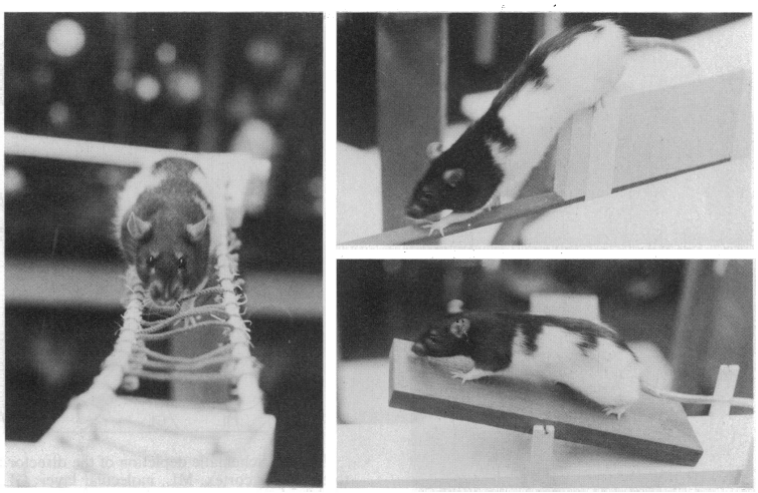
Emotionen modulieren Gedächtnisleistungen über das hormonale System und die Amygdala

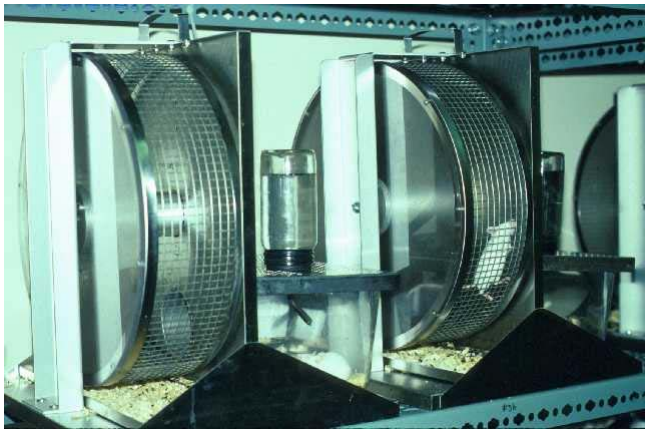



Cahill & McGaugh, 1998



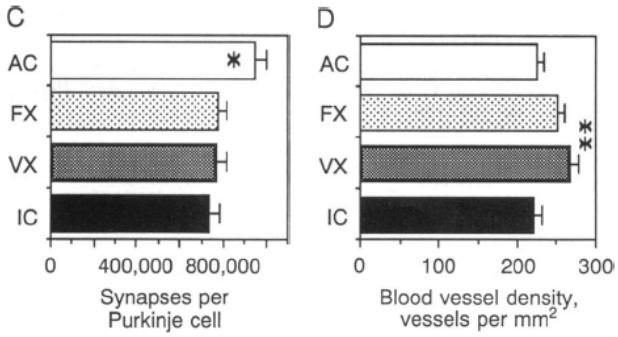











C
AC
FX
VX
IC
*
0
400,000
800,000
Synapses per Purkinje cell
D
AC
FX
VX
IC
**
0
100
200
300
Blood vessel density, vessels per mm2

## Hirnentwicklung: Pubertät und präfrontale Funktionen

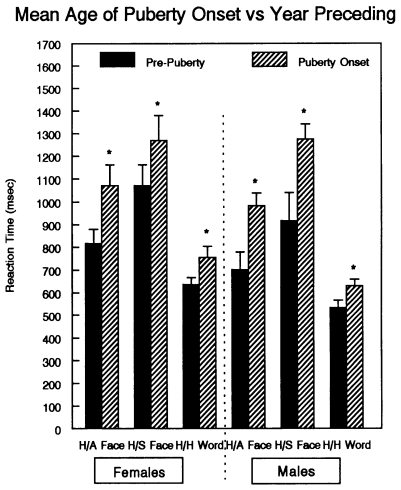
- Massive Synaptogenese zu Beginn der Pubertät im präfrontalen Kortex

- Emotionale Regulation
- Soziale Regulation (Perspektivenübernahme)
- Aufbau exekutiver Funktionen: Impulskontrolle, Selektivität von Aufmerksamkeit, prospektives Gedächtnis und Planung, Entscheiden etc.

- „Zurechtstutzen“ neuronaler Netze des präfrontalen Cortex

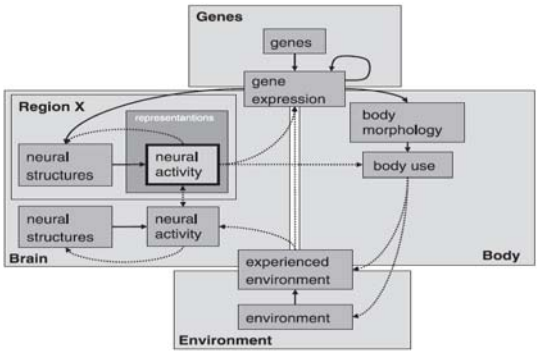







McGivern et al., 2002

## Zusammenfassung




Westermann et al., 2007





## Zentrale Botschaften

- Schule und andere Umwelten steuern mit hoher Wahrscheinlichkeit die Entwicklung des Gehirns.
- Neuronale Reifungsprozesse reichen mindestens bis ins frühe Erwachsenenalter
- Es gibt kritische Zeitfenster für die Entwicklung spezifischer neuronaler Funktionen, die unter ungünstigen Umweltbedingungen nicht genutzt werden.
- Inadäquate Umwelten führen zu morphologischen Schäden und funktionellen Defiziten.
- Funktionelle Exzellenz und Flexibilität entsteht nicht durch repetitiven Drill..
- Emotionale Bedingungen steuern die Effizienz von Lernleistungen in nicht unerheblichem Maß.