

Braun, Anna Katharina

Früh übt sich, wer ein Meister werden will - Neurobiologie kindlichen Lernens. Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF)

München : Deutsches Jugendinstitut 2012, 33 S. - (Unter Dreijährige. WiFF Expertisen; 26)



Quellenangabe/ Reference:

Braun, Anna Katharina: Früh übt sich, wer ein Meister werden will - Neurobiologie kindlichen Lernens. Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF).

München : Deutsches Jugendinstitut 2012, 33 S. - (Unter Dreijährige. WiFF Expertisen; 26) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-290579 - DOI: 10.25656/01:29057

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-290579>

<https://doi.org/10.25656/01:29057>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**Deutsches
Jugendinstitut**

<https://www.dji.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

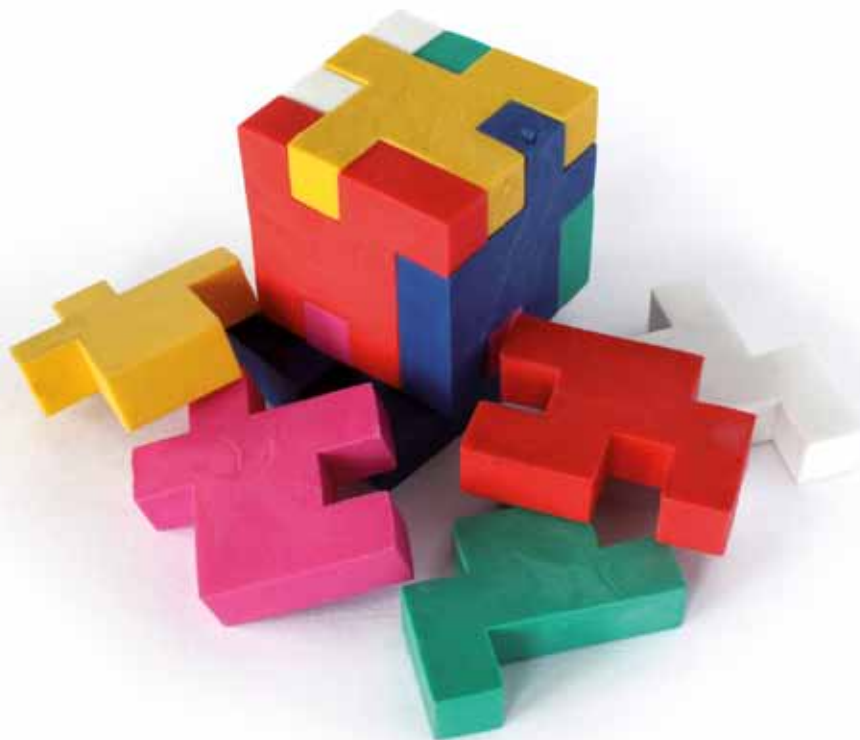
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Anna Katharina Braun

Früh übt sich, wer ein Meister werden will – Neurobiologie des kindlichen Lernens



Die Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF) ist ein Projekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Robert Bosch Stiftung in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Jugendinstitut e. V. (DJI). Die drei Partner setzen sich dafür ein, im frühpädagogischen Weiterbildungssystem in Deutschland mehr Transparenz herzustellen, die Qualität der Angebote zu sichern und anschlussfähige Bildungswege zu fördern.

© 2012 Deutsches Jugendinstitut e. V.
Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF)
Nockherstraße 2, 81541 München
Telefon: +49 (0)89 62306-173
E-Mail: info@weiterbildungsinitiative.de

Herausgeber: Deutsches Jugendinstitut e. V. (DJI)
Koordination: Uta Hofele
Lektorat: Jürgen Barthelmes
Gestaltung, Satz: Brandung, Leipzig
Titelfoto: Alexey Lebedev © Fotolia.com
Druck: Henrich Druck + Medien GmbH, Frankfurt a.M.

www.weiterbildungsinitiative.de

ISBN 978-3-86379-039-4

Anna Katharina Braun

Früh übt sich, wer ein Meister werden will – Neurobiologie des kindlichen Lernens

Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF)

Vorwort

Wird über eine optimale Unterstützung und Begleitung kindlicher Bildungsprozesse im Elementarbereich diskutiert, stehen meist pädagogische Aspekte wie das Interaktionsverhalten der Fachkraft, die Bedeutung der Gleichaltrigengruppe, unterschiedliche pädagogische Ansätze oder die Gestaltung der Räume im Mittelpunkt. Ergebnisse aus den Neurowissenschaften, die Schlussfolgerungen für das kindliche Lernen ermöglichen, werden selten herangezogen, um das Verhalten der Fachkraft und ihre Bedeutung im kindlichen Bildungsprozess zu reflektieren.

Erkenntnisse der Neurowissenschaften deuten jedoch darauf hin, wie Lernumgebungen und Lerngelegenheiten für jüngere Kinder gestaltet sein sollten. Sie geben auch Hinweise darauf, welche pädagogischen und didaktischen Konzepte wirkungsvoll sind und welche Eigenschaften und Kompetenzen eine pädagogische Fachkraft zu deren Umsetzung benötigt.

Anna Katharina Braun gibt mit ihrer Expertise Weiterbildnern und pädagogischen Fachkräften einen Überblick zum aktuellen Stand der neurowissenschaftlichen Forschung im Bereich der Lernforschung und zur Funktionsweise des Gehirns. Sie beschreibt die entscheidenden Entwicklungsprozesse im kindlichen Gehirn, erörtert insbesondere den Einfluss von Medien auf die Hirnentwicklung und stellt dar, welche Ziele frühe Bildung vor diesem Hintergrund verfolgen sollte.

Die im Auftrag der *Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte* (WiFF) erstellte Expertise ist ein Beitrag zur Weiterentwicklung des Qualifizierungsbereiches „Frühe Bildung – Bedeutung und Aufgaben der pädagogischen Fachkraft“. Die Verantwortung für die fachliche Aufbereitung der Inhalte liegt bei der Autorin. Auf ihren Wunsch wurde auf die in den WiFF-Reihen übliche Zitierweise verzichtet zu Gunsten von Literaturtipps am Ende jedes Kapitels. Die Ergebnisse der Expertise dienen der Entwicklung von Weiterbildungsangeboten, sollen fachliche und fachpolitische Diskurse anregen und fließen in weitere Projektarbeiten ein.

Unser Dank gilt Dr. Hans Rudolf Leu, der die WiFF von Beginn an bis zu seinem Ausscheiden in den Ruhestand als wissenschaftlicher Leiter begleitet und auch diese Publikation betreut hat.

München, im Juni 2012



Angelika Diller
Projektleitung WiFF



Bernhard Kalicki
Wissenschaftliche Leitung WiFF

Inhalt

1	Einleitung – Thema, Fragestellung, Aufbau	6
2	Neuronale Mechanismen der Informationsverarbeitung im Gehirn: das Substrat für Lernen, Erziehung und Bildung	7
3	Die Entwicklung des Gehirns	9
4	„Kritische“ und „sensible“ Phasen der Gehirnentwicklung	11
5	Frühkindliche emotionale Bindung	14
6	Was ist angeboren, was ist erlernt?	17
7	Neuronale Mechanismen des Lernens	20
8	Der Zusammenhang zwischen emotionalen Prozessen sowie Lern- und Gedächtnisvorgängen	22
9	Der Einfluss von Medien auf die Gehirnentwicklung sowie kognitive und sozioemotionale Kompetenz	25
10	Schlussfolgerungen	31
11	Glossar	32
12	Anhang	33

1 Einleitung – Thema, Fragestellung, Aufbau¹

Zum Thema

Wenn ein Kind zur Welt kommt, vereint es die genetische Information seiner Eltern, die während der Embryonalentwicklung unter anderem sein Geschlecht bestimmt und dafür sorgt, dass die Nase an der korrekten Stelle im Gesicht sitzt, und welche Farbe die Haut, die Augen und die Haare haben.

Bereits vor der Geburt – und vor allem während der ersten Lebensjahre – setzt der Einfluss *epigenetischer Prozesse* ein, d.h. die Umwelt, in der das kindliche Gehirn aufwächst, bestimmt ganz maßgeblich, in welcher Richtung sich die funktionelle Reifung und Optimierung des Gehirns und Verhaltens vollzieht. Zu den entscheidenden Umweltfaktoren, die sich auf die Gehirnentwicklung auswirken, gehört auch die vorschulische und schulische Bildung. In diesem Zusammenhang soll vorab bereits auf die häufig in der entwicklungspsychologischen und pädagogischen Literatur geäußerte Kritik hingewiesen werden, dass die Erkenntnisse der Hirnforschung ja nicht neu seien, sondern lediglich längst bekannte Erkenntnisse aus den Erziehungswissenschaften bestätigen. Dies trifft zwar auf einige, aber keinesfalls auf alle neurowissenschaftlichen Befunde zu, und selbst in den Fällen, in denen dies zutrifft, ist es dennoch von grundlegender Bedeutung, wenn man ein gehirnmechanistisches Konzept pädagogischen Handelns entwickelt.

Ein Arzt beispielsweise wird umso wirkungsvoller seine Patienten gesund erhalten und heilen können, je mehr Detailkenntnisse er über die Körperorgane und ihre Funktionen hat, und ein Ingenieur wird umso leistungsfähigere Maschinen bauen können, je

mehr physikalische und mechanische Grundkenntnisse er besitzt. Analog sollten Eltern, Erzieher und Lehrer, die am und mit dem Organ Gehirn arbeiten, ein *realistisches Konzept* von den hirnbologischen Mechanismen des Lernens und der Gedächtnisfunktionen besitzen.

Die neurowissenschaftlichen Erkenntnisse versuchen endlich zu erklären, weshalb manche pädagogischen und didaktischen Konzepte „gehirngerechter“ und daher wirkungsvoller sind als andere, und welche Eigenschaften und Kompetenzen einen Lehrer zu einem „guten“ Lehrer machen. Gerade in Deutschland besteht nach wie vor großer, insbesondere interdisziplinärer Forschungsbedarf, um diese Zusammenhänge im Detail zu verstehen, sowie um alte und neue pädagogische Erziehungskonzepte endlich systematisch und quantitativ auf ihre Wirksamkeit (oder Unwirksamkeit) zu überprüfen. In diesem Zusammenhang sollte allerdings auch bedacht werden, dass nicht alle Lernmethoden, Gedächtnistechniken und „Gehirnjogging-Methoden“, die heutzutage als „gehirngerecht“ angepriesen werden, dies auch wissenschaftlich fundiert nachweisen können.

Grundverständnis der neuronalen Mechanismen – Fragestellung

Ein Grundverständnis der neuronalen Mechanismen, die in dieser Expertise dargestellt werden, soll helfen, dem Wildwuchs von nicht immer wissenschaftlich erwiesenen „Neuro-Gütesiegeln“ mit einer kompetenten Kritikfähigkeit zu begegnen. Die Hirnforschung widmet sich mit einem breiten Methodenspektrum der Beantwortung einer Vielzahl von Fragen:

- Welche Umweltfaktoren und Lernprozesse greifen in die Gehirnentwicklung ein?
- Welche neuronalen Entwicklungszeiträume sind von kritischer Bedeutung für die Verhaltensentwicklung (Konzept der sensitiven Zeitfenster)?
- Welche molekularen und (epi)genetischen Mechanismen sind an der funktionellen Reifung der Nervenzellen und ihren komplexen synaptischen Verschaltungen beteiligt?

Diese essenziellen Fragen, die im Fokus der Hirnforschung stehen, sind eng gekoppelt an Fragen, die sich Eltern und Erzieher stellen:

- Was ist angeboren und was ist erworben/erlernt?
- Verkümmert das Gehirn bei mangelnder Förderung?

¹ Die vorliegende Expertise beruht zum Teil auf bereits veröffentlichten Aufsätzen: Scheich, Henning/Braun, Katharina (2008): Risiken und Nebenwirkungen: Der Einfluss visueller Medien auf die Entwicklung von Gehirn und Verhalten. In: Wernstedt, Rolf/John-Ohnesorg, Marei: Neue Medien in der Bildung – Lernformen der Zukunft. Dokumentation der Konferenz des Netzwerk Bildung vom 5. und 6. Mai 2008, Bonn: Universitäts-Buchdruckerei, S. 15–22 und Scheich, Henning/Braun, Katharina (2009): Bedeutung der Hirnforschung für die Frühförderung. Monatsschrift Kinderheilkunde, H. 157, S. 953–964, (Verwendung mit freundlicher Genehmigung von Springer Science and Business Media).

- Wie können wir die Entwicklung des Gehirns und des Verhaltens individuell und optimal fördern?

Dazu zeigen die neueren Erkenntnisse der Hirnforschung, dass bei der erfahrungsgesteuerten Gehirnentwicklung nicht nur die *kognitiven* Prozesse, sondern vor allem auch die *emotionalen* Vorgänge eine essenzielle Rolle spielen.

Zum Aufbau der Expertise

Diese Expertise bietet einen Einstieg und Überblick zu den neurobiologischen Grundlagen der Gehirn- und Verhaltensentwicklung. Sie vermittelt Erzieherinnen und Erziehern ein grundlegendes Fachwissen zur Funktionsweise des Gehirns, insbesondere mit Blick auf Lern- und Gedächtnisprozesse:

Das *Kapitel 2* vermittelt die Grundlagen zur Funktionsweise der Nervenzellen und des Gehirns, die die Basis bilden für die in *Kapitel 3* und *Kapitel 4* erläuterten Mechanismen der Gehirnentwicklung, sowie für die Bedeutung der Entwicklungszeitfenster.

Die Kenntnis der Grundprinzipien der Gehirnentwicklung dient wiederum als Grundlage zu den im *Kapitel 5* beschriebenen hirnbioologischen Mechanismen der emotionalen Bindung als ersten nachgeburtlichen Lernprozess.

Diese Aspekte leiten über zu den neuronalen Mechanismen des Lernens, die im *Kapitel 6*, *Kapitel 7* und *Kapitel 8* erläutert werden. Hier wird ausgeführt, dass Lern- und Gedächtnisprozesse mit physiologischen, biochemischen und strukturellen Veränderungen des Gehirns einhergehen, und dass nur diejenigen synaptischen Verknüpfungen in den neuronalen Netzwerken stabilisiert werden, die im Verlauf kindlicher Lernvorgänge sowie beim Einspeichern und Abrufen von Gedächtnisinhalten aktiviert („trainiert“) werden.

Aus diesem Prinzip der erfahrungsgesteuerten Gehirnoptimierung bauen die im *Kapitel 9* erläuterten hirnbioologischen Konsequenzen des Medienkonsums auf.

2 Neuronale Mechanismen der Informationsverarbeitung im Gehirn: das Substrat für Lernen, Erziehung und Bildung

Um die neuronalen Mechanismen der Gehirnentwicklung, des Lernens und der Gedächtnisfunktionen verstehen zu können, muss man die Grundprinzipien der Funktionsweise der Nervenzellen als funktionelle Bausteine des Gehirns kennen. Bereits vor der Geburt beginnen die Nervenzellen mithilfe ihrer *Axone*, die vergleichbar mit einem „Stromkabel“ sind, tausende von Kontakten (Endknöpfchen oder Synapsen) mit anderen Nervenzellen auszubilden (vgl. Abb. 1, rechts).

Jede Nervenzelle kann gleichzeitig Signale empfangen und Signale an andere Nervenzellen weiterleiten, sie ist sowohl „Sender“, als auch „Empfänger“. Die Signalübertragung entlang der *Axone* geschieht über schwache elektrische Ströme, die mittels empfindlicher *Elektroden* in einer einzelnen Nervenzelle oder als Summe vieler Nervenzellen sogar außen am Schädel (mittels eines Elektroencephalogramms – EEG oder eines Magnetencephalogramms – MEG) gemessen werden können. Am Ende des *Axons* bilden sich ein oder mehrere *Synapsen* aus, in denen sich mit chemischen Botenstoffen (Neurotransmitter) gefüllte Bläschen befinden. Erreicht das elektrische Signal die *Synapse*, entleert sich der Inhalt dieser Bläschen in den engen synaptischen Spalt, der das axonale Endknöpfchen vom *Dendriten* der Empfängerzelle trennt. Der freigesetzte *Neurotransmitter* diffundiert zur Dendritenoberfläche und bindet dort an spezielle *Rezeptoren*; das elektrische Signal wird also an der Synapse in ein chemisches Signal umgewandelt. Neben den erregenden (z.B. Glutamat) und hemmenden (z.B. die Gamma-amino-buttersäure, GABA) Neurotransmittern üben andere Neurotransmitter (z.B. Dopamin, Serotonin, Noradrenalin sowie verschiedene Neuropeptide und Stresshormone) eine modulatorische Wirkung im Gehirn aus.

Wie in den folgenden Kapiteln noch näher ausgeführt wird, ist insbesondere das Dopamin an der Steuerung von Motivation, Aufmerksamkeit und Belohnung beteiligt und wirkt daher als eine Art „Katalysator“ bei Lernprozessen.

Abbildung 1: Links: Vergleich der cortikalen und limbischen Hirnregionen im Gehirn des Menschen (oben) und dem Gehirn der Ratte (unten); Rechts: Dreidimensionale mikroskopische Rekonstruktion einer Nervenzelle

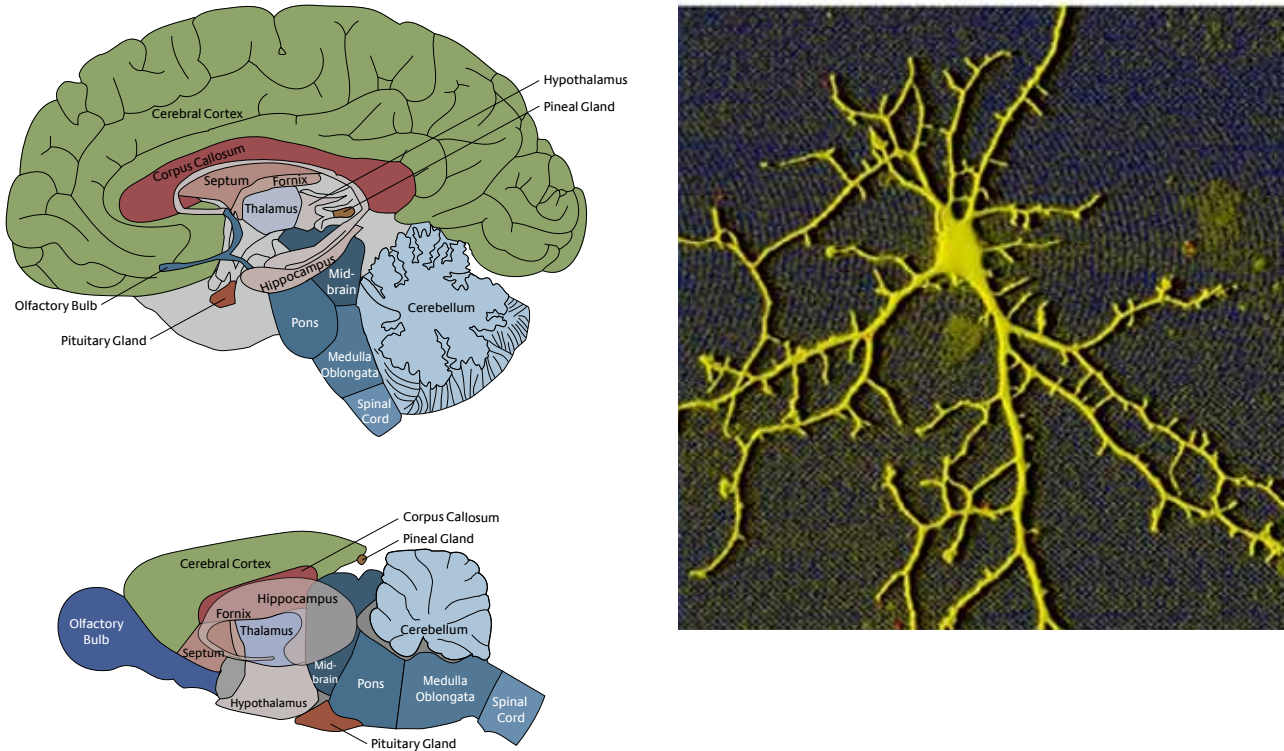


Abb. 1: Links: Vergleich der cortikalen und limbischen Hirnregionen im Gehirn des Menschen (oben) und dem Gehirn der Ratte (unten). Der Vergleich zeigt den prinzipiell ähnlichen Aufbau, die Farbgebung verdeutlicht die Homologie der sich entsprechenden Hirnregionen im Nager- und Menschenhirn und illustriert deren unterschiedlichen Proportionen, insbesondere des cerebralen Cortex. Der Vergleich verdeutlicht, dass das Nagergehirn aufgrund seines vergleichbaren Aufbaus als „Prototyp“ des menschlichen Gehirns betrachtet werden kann, in dem bereits alle Zentren für Lern- und Gedächtnisleistungen vorhanden sind. Die Funktionen einiger der hier dargestellten Hirnregionen werden im Zusammenhang mit Lern- und Gedächtnisprozessen im Text näher erläutert.

Quelle: learn.genetics.utah.edu/content/addiction/genetics/neurobiol.html

Abb. 1: Rechts: Dreidimensionale mikroskopische Rekonstruktion einer Nervenzelle, funktionelle Erläuterungen finden sich im Text.

Quelle: Institut für Biologie, Abt. Zoologie und Entwicklungsneurobiologie, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Referenzen zu Kapitel 2

Eichenbaum, Howard/Cohen, Neal J. (2001): From conditioning to conscious recollection: Memory systems of the brain. Oxford: Psychology Series

Fuster, Joaquin M. (2003): Cortex and mind. Unifying cognition. Oxford: Oxford University Press

Goldman-Rakic, Patricia S./Bates, John. F./Chafee, M. V. (1992): The prefrontal cortex and internally generated motor acts. In: Current Opinion Neuroscience, H. 2, S. 830–835

Squire, Larry R./Spitzer, Nicholas C./Zigmond, Michael J./McConnell, Susan K./Bloom, Floyd E. (2002): Fundamental Neuroscience. 2. bearb. Aufl. Waltham/Massachusetts: Academic Press

3 Die Entwicklung des Gehirns

Die Fragen, wie nachgeburtliche Gehirnentwicklung durch Umwelteinflüsse gesteuert werden, begannen mit der Beobachtung von angeborenen Fehlentwicklungen beim Menschen und wurden dann sehr schnell in die tierexperimentelle Forschung übernommen. Dort wurden durch eingreifende Untersuchungen am Gehirn mechanistische Erklärungen für Defizite gefunden und Maßnahmen der Gegensteuerung experimentell überprüft, die mittlerweile in der Klinik vielfache Anwendung bei Diagnose und Therapie finden.

Bei der Geburt ist das Gehirn nahezu mit der vollständigen Anzahl von Nervenzellen ausgestattet. Nur in wenigen Hirnregionen werden lebenslang vereinzelt neue Nervenzellen gebildet (vgl. Abb. 1, rechts), beispielsweise im *Hippocampus* (vgl. Abb. 1, links), eine Region, die für räumliches Lernen sowie bei der Gedächtnisbildung und beim Gedächtnisabruf von Bedeutung ist. Die meisten der neu gebildeten Zellen sterben jedoch relativ rasch wieder ab, nur einige werden in die vorhandenen Schaltkreise integriert.

In tierexperimentellen Studien wurde interessanterweise gezeigt, dass nicht nur die Neubildung der Nervenzellen durch Umwelteinflüsse und Lernprozesse angeregt werden kann, sondern auch deren Überlebensrate. Erfahrungen und Lernen können demnach im kindlichen und auch noch im erwachsenen Gehirn wie ein „Jungbrunnen“ wirken.

Viele Gehirnsysteme sind bei der Geburt zwar prinzipiell schon funktionsfähig, müssen aber nach der Geburt noch optimiert werden, was vor allem für die sensorischen und die höheren assoziativen *Cortex-Regionen* gilt (vgl. Abb. 1 und Abb. 3). Während diejenigen Gehirnzentren, die überlebenswichtige Funktionen wie das Atmen oder den Herzschlag steuern, bereits ihre volle Leistungsfähigkeit erreicht haben und in ihrer Funktion nicht mehr verändert oder optimiert werden, müssen die Sinnessysteme (z.B. Sehen, Hören, Tasten), die motorischen Zentren (Bewegungssteuerung) und vor allem die Gehirnsysteme, mit denen wir unsere Emotionalität sowie höhere assoziative Leistungen vollbringen (limbisches System, präfrontaler Cortex), noch in ihrer Funktion perfektioniert werden.

Aus erziehungswissenschaftlicher Sicht und für die pädagogische Praxis ist die Tatsache von Bedeutung, dass sich die verschiedenen funktionellen Hirnsysteme nicht alle zeitgleich und mit derselben Geschwindigkeit entwickeln (vgl. Abb. 3). Während die Sinnessysteme bereits relativ früh, d.h. in den ersten Lebensjahren, ihre volle Funktionsfähigkeit erreichen, gehört das *limbische System*, mit dem wir unsere Gefühlswelt entwerfen und mit dem wir unser Leben lang lernen sowie Gedächtnisinhalte abspeichern und wieder abrufen, zu den „Spätentwicklern“ des Gehirns. Die *limbischen Zentren*, vor allem auch der beim Affen und Menschen besonders voluminös ausgeprägte frontale Teil der Hirnrinde (cerebraler Cortex, vgl. Abb. 1, links), der *präfrontale Cortex*, mit dem wir höhere kognitive assoziative Leistungen sowie auch unsere emotionalen Empfindungen und Verhaltensreaktionen verarbeiten, entwickeln sich bei Säugetieren besonders langsam – beim Menschen bis zum 20. Lebensjahr und länger (vgl. Abb. 3).

Die beim Menschen ausgesprochen langsame Entwicklung der lern- und emotionsrelevanten Hirnregionen birgt für die intellektuelle und sozioemotionale Entwicklung des Kindes Vorteile sowie Nachteile:

Der *Vorteil* liegt darin, dass sich das kindliche Gehirn optimal an den jeweiligen Lebensraum, in dem das Kind aufwächst, anpassen und damit die für das Überleben essenziellen Verhaltensstrategien entwickeln kann. Ein Kind, das in der Arktis aufwächst, wird sicherlich andere Nervennetzwerke im Gehirn entwickeln sowie andere Verhaltensweisen und Fertigkeiten erlernen, als ein Kind, das in Nordafrika lebt.

Der *Nachteil* dieser ausgeprägten Plastizität ist, dass sich Gehirn und Verhalten auch an negative Umwelten anpasst. Defizitäre Elternhäuser und Schulsysteme können demnach ebenfalls in die Gehirnentwicklung eingreifen, sie können die Optimierung des Gehirns verzögern oder in eine andere Richtung drängen, was langfristig zu teilweise irreparablen funktionellen Defiziten führen kann.

Aus pädagogischer Sicht ist es wichtig, zu erkennen, dass das Gehirn darauf „programmiert“ ist, sofort nach der Geburt in einen direkten Dialog mit der Umwelt zu treten und diese Erfahrungen für seine weitere funktionelle Reifung zu nutzen. Während das Kind lernt, seine Umwelt aktiv zu gestalten, verändert die Interaktion mit seiner Umwelt die *neuronale Architektur* seines Gehirns. Die neuronalen Schaltkreise werden

über die Umwelterfahrungen sukzessive reorganisiert, um damit das Verhalten des Individuums optimal an seine jeweilige Lebenswelt anzupassen.

Am Tiermodell konnten wir erstmals nachweisen, dass nur die *interaktive* Erfahrung mit der Umwelt solche dauerhaften hirnganischen Veränderungen auslösen kann, jedoch nicht eine passive „Berieselung“. Hiervon sind nicht nur die Sinnessysteme und die Motorik betroffen, sondern ganz besonders auch die *präfrontalen Cortexbereiche* und das *limbische*

System. Diese „Prägung“ der funktionellen Gehirnarchitektur findet ganz besonders massiv (und mit hoher Geschwindigkeit) während der ersten vier bis sechs Lebensjahre statt, und vermutlich auch nochmals ganz umfangreich während der Pubertät. Demnach ist es von essenzieller Bedeutung, in welcher Art die Umwelt gestaltet ist, die während dieser „kritischen“ oder „sensiblen“ Entwicklungsphasen in die Gehirnentwicklung und damit auch in die Persönlichkeitsentwicklung eingreift (vgl. dazu auch Kapitel 4).

Abbildung 2: Vereinfachte schematische Darstellung der erfahrungsabhängigen synaptischen Reorganisation im Verlauf der Gehirnentwicklung

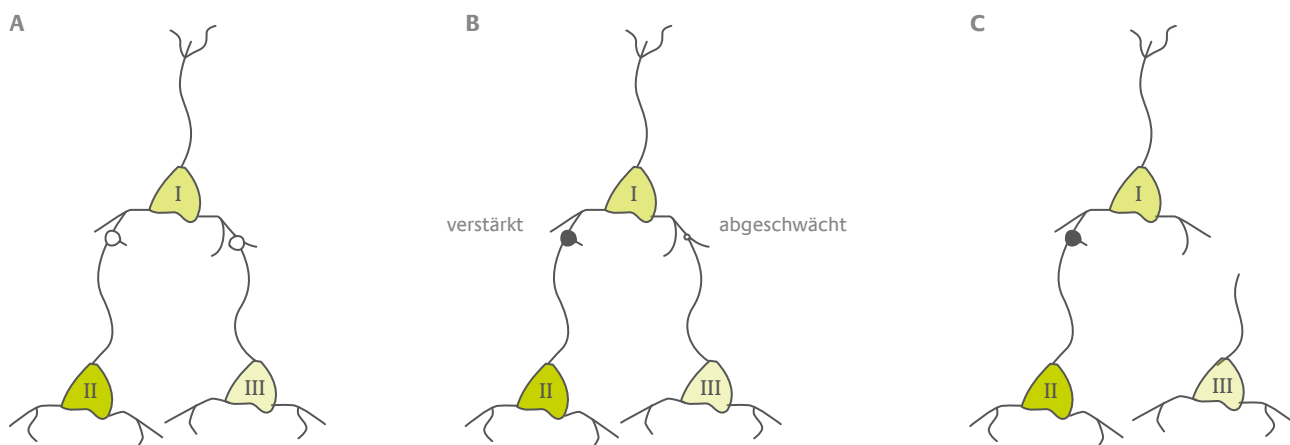


Abb. 2: Vereinfachte schematische Darstellung der erfahrungsabhängigen synaptischen Reorganisation im Verlauf der Gehirnentwicklung. A zeigt die Nervenzellen II und III, die mit Nervenzelle I synaptische Verbindungen geknüpft haben. B illustriert die Aktivierung der Synapse II/I (links) und die schwächere bzw. fehlende Aktivierung der Synapse III/I (rechts), welches dann in C die Verstärkung von Synapse II/I und den Verlust von Synapse III/I zur Folge hat (Verwendung mit freundlicher Genehmigung von PD Dr. J. Bock, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg).

Referenzen zu Kapitel 3

- Bock, Jörg/Braun, Katharina (1998): Differential emotional experience leads to pruning of dendritic spines in the forebrain of domestic chicks. In: *Neural Plasticity*, H. 6, S. 17–27
- Bock, Jörg/Braun, Katharina (1999): Blockade of N-methyl-D-aspartate receptor activation suppresses learning-induced synaptic elimination. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, H. 5, S. 2485–2490
- Bock, Jörg/Gruß, Michael/Becker, Susan/Braun Katharina (2005): Experience-induced changes of dendritic spine densities in the prefrontal and sensory cortex: Correlation with developmental time windows. In: *Cerebral Cortex*, H. 15, S. 802–808

Conel, Jesse Leroy (Hrsg.) (1959): *The postnatal development of the human cerebral cortex*. Cambridge: H. U. Press

- Scheich, Henning/Wallhäusser-Franke, Elisabeth/Braun, Katharina (1991): Does synaptic selection explain auditory imprinting? In: Squire, Larry R./Weinberger, Norman M./Lynch, Gar./McGaugh, James L. (Hrsg.): *Memory: Organization and Locus of Change*. New York: Oxford University Press, S. 114–159
- Squire, Larry R./Spitzer, Nicholas C./Zigmond, Michael J./McConnell, Susan K./Bloom, Floyd E. (2002): *Fundamental Neuroscience*. 2. bearb. Aufl. Waltham/Massachusetts: Academic Press

4 „Kritische“ und „sensible“ Phasen der Gehirnentwicklung

In den Neurowissenschaften ist nach wie vor noch nicht vollständig die Frage geklärt, wann und vor allem über welche zellulären Mechanismen sich die erfahrungs- und lerngesteuerte Entwicklung neuronaler Netzwerke vollzieht und wie sie in Wechselwirkung mit der Umwelt umstrukturiert und optimiert werden.

Sowohl die Untersuchungen am menschlichen Gehirn, als auch die experimentellen Befunde an Tiermodellen weisen nachgeburtliche Zeitfenster der Hirnentwicklung und der Verhaltensentwicklung nach: die sogenannten „sensiblen“ oder „kritischen“ Phasen.

Beim Menschen liegen diese *sensiblen Phasen* je nach Gehirnregion in der vorschulischen und frühen schulischen Lebenszeit. Beispielsweise vollzieht sich die funktionelle Reifung der Sinnessysteme (wie Sehen und Hören) bereits in den ersten Lebensjahren, also einem Zeitfenster, das gut mit der Optimierung der Seh- und Hörfähigkeiten korreliert. Fundamental war beispielsweise die Beobachtung, dass Kinder mit angeborenen Linsentrübungen nach den im Teenager-Alter erfolgten Linsenentfernungen und Brillenkorrekturen auch später kein normales Mustererkennungsvermögen entwickeln. Dies liegt, wie tierexperimentelle Untersuchungen nachweisen konnten, daran, dass der *Sehcortex* aufgrund der fehlenden Seheindrücke während seiner sensiblen Entwicklungsphase nicht „lernen“ konnte, korrekt zu sehen.

Noch bedeutsamer war der Befund, dass Kinder mit starker Schielstellung eines Auges nach einigen Jahren auf diesem Auge funktionell blind werden, obwohl es im Elektrokulogramm funktionstüchtig erscheint, d.h. normal Licht verarbeitet. Auch hier konnten erst die tierexperimentellen Untersuchungen zeigen, dass dies in einer funktionellen Unterentwicklung des *Sehcortex* begründet ist.

Ähnliche Befunde fanden sich bei Patienten mit angeborenen Schall-Leitungsschwerhörigkeiten im Ohr, die aus denselben Gründen wie beim Sehsystem trotz späterer operativer Behebung keine normale perzeptive Sprachverarbeitung entwickeln konnten,

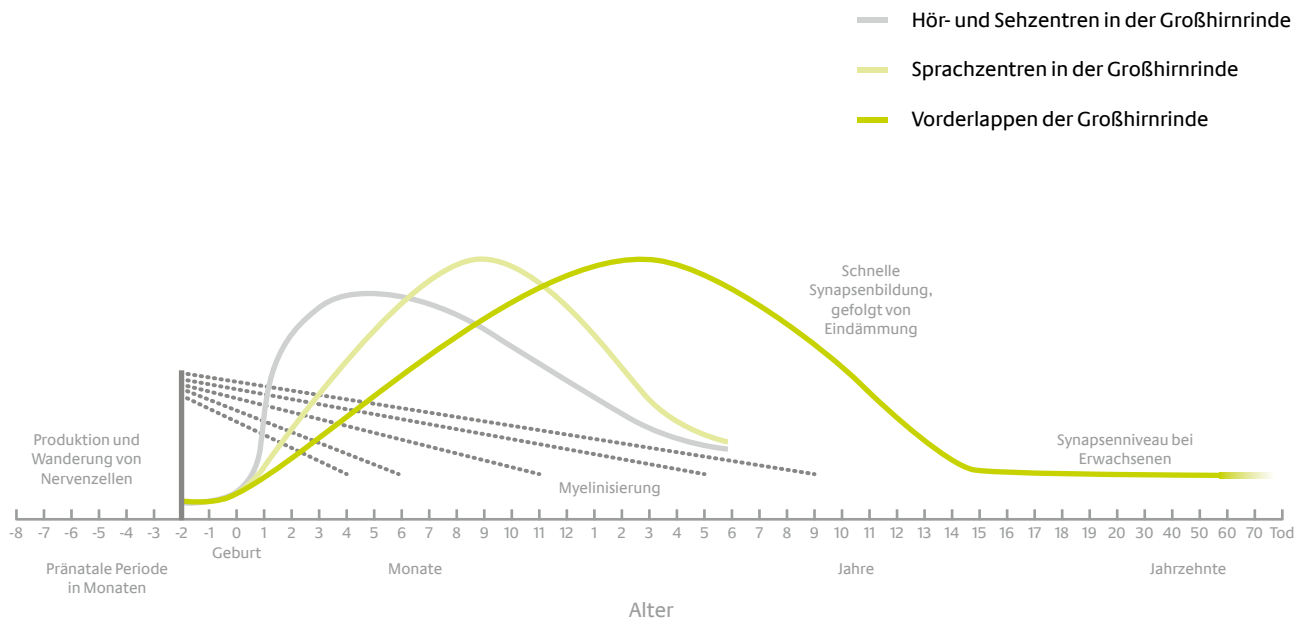
da der *auditorische Cortex* in der frühen sensiblen Phase nie „gelernt“ hat, mit Sprachreizen umzugehen.

Beim Hörsystem erstreckt sich die synaptische Entwicklung noch über einen etwas längeren Zeitraum (vgl. Abb. 3), da dieses Sinnessystem neben der Präzisierung des Gehörs für Spracherkennung auch am Spracherwerb beteiligt ist, ebenso später beim Lernen von Lesen und Schreiben. Auch hier ist die *Interaktion mit der Umwelt* ganz essenziell: Wird beispielsweise der *Hörcortex* nicht gleich von Geburt an darauf trainiert, menschliche Sprachlaute zu erkennen und zu kategorisieren, dann wird sich dies später auf den Spracherwerb hinderlich auswirken. Nur das, was man präzise mit dem Gehör erfasst, kann auch mit dem eigenen Sprachapparat imitiert und im weiteren Verlauf über die kontinuierliche Hörkontrolle des eigenen Sprechens sukzessive optimiert werden.

Dies impliziert, dass der vorschulischen Bildung (im Elternhaus und in den vorschulischen Betreuungseinrichtungen) eine viel größere Bedeutung zukommt als bisher angenommen, denn sie kann sich massiv in die Gehirnentwicklung „einmischen“. Die Entwicklungsphasen korrelieren mit den Phasen besonders effizienter Lernfähigkeit, d.h. Lernen während der frühen Gehirnentwicklung greift aufgrund der erhöhten *neuronalen Plastizität* sehr viel stärker in die funktionelle Entwicklung des Gehirns ein, hinterlässt also prägnantere „architektonische“ Spuren im Gehirn als das Lernen im erwachsenen Gehirn.

So konnte beispielsweise nachgewiesen werden, dass sich musikalisches Lernen und instrumentale Expertise auf die Entwicklung des *Hörcortex* und *Tastcortex* auswirkt – entsprechend den Händen oder Lippen, mit denen das Instrument gespielt bzw. ertastet wird. Je früher und länger ein Instrument regelmäßig gespielt wird, umso größer entwickeln sich die damit „beschäftigten“ Cortexareale.

Abbildung 3: Grafische Zusammenfassung der unterschiedlichen Entwicklungszeitfenster für die synaptische Entwicklung verschiedener kortikaler Regionen im menschlichen Gehirn



Die verschiedenen Gehirnareale und ihre Verschaltungen reifen nicht gleichzeitig heran sondern es gibt „sensitive“ bzw. „vulnerable“ Zeitfenster, in denen die funktionellen Gehirnsysteme empfänglich für Schlüsselinformationen sind. Man beachte die verschiedenen Phasen des Aufbaus und des (nicht pathologischen!) Abbaus von Synapsen. Ergebnisse aus Huttenlocher und Dabholkar (1997) J. Comp. Neurol. 387: 167-178.

Quelle: Carlsson, Neill, R. (Hrsg.) (2004): Physiologische Psychologie. München

Die Existenz solcher Entwicklungszeitfenster bedeutet demnach auch, dass die Persönlichkeitsveränderungen gleichzusetzen sind mit gehirnorganischen Veränderungen, und dass die Veränderungen, die während solcher Entwicklungsphasen besonders rasch und tiefgreifend sind, äußerst stabil und im späteren Leben nur noch bedingt und nur durch intensives Training verändert werden können. Hierin liegen das große Potenzial und die Nachhaltigkeit der frühkindlichen Förderung.

Ein weiteres wichtiges Merkmal des frühkindlichen Lernens besteht darin, dass sowohl die positiven (z.B. durch optimale Anregung und Förderung in Familie und Bildungseinrichtungen) als auch die negativen (z.B. defizitäre oder falsche Förderung, wiederholte Erlebnisse des Misserfolgs, chronischer Stress) Folgen der frühkindlichen Erziehung oft mit einer zeitlichen Verzögerung sichtbar werden. Die Folgen früher Versäumnisse zeigen sich häufig erst nach Jahren, wenn beispielsweise mit dem Säugling und Kleinkind während der kritischen Entwicklungsphase der Hör- und Sprachsysteme nicht gesprochen wurde, können daraus Monate oder Jahre später Verzögerungen oder Störungen der Sprachentwicklung resultieren.

Umgekehrt sollten sich Eltern und Lehrer bewusst machen, dass die positiven Auswirkungen ihrer Erziehungsbemühungen erst nach vielen Jahren zum Tragen kommen können. Beispielsweise konnte Michael Gruss (2010) in meiner Arbeitsgruppe an jungen Ratten nachweisen, dass Jungtiere, die mit einer Lernaufgabe aufgrund ihres noch nicht voll ausgereiften Gehirns noch überfordert waren, später als Erwachsene diese Aufgabe dann schneller und mit besserem Erfolg erlernen können. Die Existenz der sowohl von den Entwicklungspsychologen als auch von den Entwicklungsbiologen nachgewiesenen frühkindlichen Entwicklungszeitfenster bedeutet jedoch keinesfalls, dass nach Ablauf der ohnehin für die lernrelevanten Hirnzentren (limbisches System, Präfrontalcortex) nicht sehr scharf begrenzten Entwicklungsphasen das Lernen nicht mehr möglich ist; es wird nur entsprechend mühsamer und langsamer. Das heißt: was in den ersten Lebensjahren in kürzester Zeit erworben werden kann (z.B. die Muttersprache oder eine Fremdsprache), erfordert mit zunehmendem Alter wesentlich längere Zeiträume.

Neuere Forschungsergebnisse aus der human- und tierexperimentellen Forschung zeigen aber auch, dass

sich viel später im Leben noch ganz enorme Veränderungen im Gehirn vollziehen. Beispielsweise stellt die Pubertät ein Zeitfenster dar, in dem das Gehirn nochmals einer „Baustelle“ gleicht, in der sich, teilweise auch über Sexualhormone gesteuert, häufig massive neuronale Umstrukturierungen vollziehen. Man vermutet, und diese spannende Überlegung wird derzeit sehr aktiv erforscht, dass die Pubertät als plastisches Entwicklungszeitfenster eine „zweite Chance“ darstellt, in der das Gehirn weiter optimiert und gegebenenfalls sogar frühkindliche Versäumnisse nachgeholt oder korrigiert werden können.

Auch beim Erwachsenen (im Normalfall bis ins hohe Alter) bleibt das Gehirn noch veränderbar, schließlich zeichnet sich gerade der Mensch durch seine Fähigkeit zum lebenslangen Lernen aus. Nur sind die Veränderungen, die sich im erwachsenen Gehirn beim Lernen vollziehen, sehr viel weniger dramatisch als beim Kind, was an der im Vergleich zum noch heranreifenden Gehirn verminderten Plastizität (Veränderbarkeit der Nervenzellen und ihrer Synapsen) liegt. Es gibt aber auch Lernprozesse, die im erwachsenen Gehirn effizienter ablaufen; dies hängt in nicht unerheblichen Maße davon ab, wie viele und welche Art von Informationen dort bereits abgespeichert wurden. Das erwachsene Gehirn kann aufgrund seiner umfangreichen Vorerfahrungen effizienter arbeiten, indem es auf bereits (u.a. auch schon in der Kindheit) abgespeicherte Gedächtnisinhalte und Denkkonzepte sowie auf die entsprechenden bereits mehr oder weniger optimierten („getunten“) synaptischen Netzwerke zurückgreifen kann.

Referenzen zu Kapitel 4

Bischof, Hans Joachim (2007): Behavioral and neuronal aspects of developmental sensitive periods. In: *Neuroreport* 5. Jg., H. 18, S. 461–465

Bock, Jörg/Gruß, Michael/Becker, Susan/Braun Katharina (2005): Experience-induced changes of dendritic spine densities in the prefrontal and sensory cortex: Correlation with developmental time windows. In: *Cerebral Cortex*, H. 15, S. 802–808

Bruer, John T. (1999): *The myth of the first three years: An understanding of early brain development and lifelong learning*. New York: The Free Press

Conel, Jesse Leroy (Hrsg.) (1959): *The postnatal development of the human cerebral cortex*. Cambridge: H. U. Press

Damasio, Antonio R. (1998): *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. New York: Avon

Davidson, Richard J./Putnam, Katherine M./Larson, Christine L. (2000): Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation – A possible prelude to violence. In: *Science*, H. 289, S. 591–594

Doupe, Alison/Kuhl, Patricia (1999): Birdsong and human speech: common themes and mechanisms. In: *Annual Review Neuroscience*, H. 22, S. 567–631

Elliot, Lise (2000): *What's Going on in There? How the Brain and Mind Develop in the First Five Years of Life*. New York/London/München: Bantam Verlag

Gopnik, Alison M./Meltzoff, Andrew N. (2001): *The Scientist in the Crib: What Early Learning Tells Us about the Mind*. New York: Harper Collins Publishers

Grossman, Aaron W./Churchill, James D./McKinney Brandon C./Kodish, Jan M./Otte, Stephanie L./Greenough, William T. (2003): Experience effects on brain development: possible contributions to psychopathology. In: *The Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44. Jg., H. 1, S. 33–63

Gruss, Michael/Abraham, Andreas/Schäble, Sandra/Becker, Susann/Braun, Katharina (2010): Cognitive training during infancy and adolescence accelerates adult associative learning: critical impact of age, stimulus contingency and training intensity. In: *Neurobiology of Learning and Memory*, Nr. 94, H. 3, S. 329–340

Held, Richard/Hein, Alan (1963): Movement-produced stimulation in the development of visually guided behaviour. In: *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, H. 56, S. 872–876

Hubel, David H./Wiesel, Torsten N. (1965): Binocular interaction in striate cortex of kittens reared with artificial squint. In: *Journal of Neurophysiology*, 28. Jg., H. 6, S. 1041–1059

Hubel, David. H./Wiesel Torsten N. (1970): The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. In: *The Journal of Physiology*, H. 2, S. 419–436

Huttenlocher, Peter R. (1979): Synaptic density in human frontal cortex – Developmental changes and effects of aging. In: *Brain Research*, H. 163, S. 195–205

Huttenlocher, Peter R./Dabholkar, Arun S. (1997): Regional differences in human cerebral cortex. *The Journal of Comparative Neurology*, H. 387, S. 167–178

Huttenlocher, Peter R./deCourtier, C./Garey, L./Loos van der, H. (1982): Synaptogenesis in human visual cortex – evidence for synapse elimination during normal development. In: *Neuroscience Letters*, H. 33, S. 247–252

Kuhl, Patricia K. (2004): Early language acquisition: cracking the speech code. In: *Nature Reviews Neuroscience*, H. 5, S. 831–843

Kuhl, Patricia K./Tsao, Feng-Ming/Liu, Huei-Mei (2003): Foreign language experience in infancy: effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, H. 100, S. 9096–9101

Sachs, Jaqueline/Bard, Barbara/Johnson, Marie L. (1981): Language learning with restricted input: Case studies of two hearing children of deaf parents. In: *Applied Psycholinguistics*, H. 1, S. 33–53

Schäble, Sandra/Poeggel, Gerd/Braun, Katharina/Gruss, Michael (2007): Long-term consequences of early experience on adult avoidance learning in female rats: role of the dopaminergic system. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87. Jg., H. 1, S. 109–122

Schneider, Wolfgang/Näslund, Jane Carol (1999): Impact of early phonological processing skills on reading and spelling in school: Evidence from the Munich Longitudinal Study. In: Weinert, Franz E./Schneider, Wolfgang (Hrsg.): *Individual Development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study*. Cambridge/UK: Cambridge University Press, S. 126–147

Siegel, Daniel J. (1999): *The Developing Mind*. New York: Guilford Press

Squire, Larry R./Spitzer, Nicholas C./Zigmond, Michael J./McConnell, Susan K./Bloom, Floyd E. (2002): *Fundamental Neuroscience*. 2. bearb. Aufl. Waltham/Massachusetts: Academic Press

Tsao, Feng-Ming/Liu, Huei-Mei/Kuhl, Patricia K. (2004): Speech perception in infancy predicts language development in the second year of life: A longitudinal study. In: *Child Development*, 75. Jg., H. 4, S. 1067–1084

5 Frühkindliche emotionale Bindung

Die klassischen älteren Untersuchungen sowie die bereits erwähnten neueren Adoptivstudien an Heimkindern verweisen auf eine starke prägende (gehirn- und verhaltensbiologische) Bedeutung emotionaler Erfahrungen, die u.a. ja auch im Zusammenhang mit Lernprozessen stehen.

Beobachtungen des Wiener Kinderarztes und Psychoanalytikers René A. Spitz (1945) an Heimkindern sowie die in jüngster Zeit an Kindern aus rumänischen Waisenhäusern erhobenen Befunde (Chugani u.a. 2001) zeigen ganz klar, welch verheerende und dauerhaft im Gehirn verankerte Wirkung ein Mangel an emotionaler Zuwendung auf die Entwicklung kognitiver und emotionaler Fähigkeiten hat.

Die Studien von Harold Skeels (1966) haben darüber hinaus klar gezeigt, dass es in der ganz frühen Kindheit weniger auf eine hochwertige intellektuelle Förderung des Kindes ankommt, sondern vielmehr auf eine stabile emotionale Bindung zu einer Bezugsperson. Nach John Bowlby (1969/1999), einem der Pioniere der Bindungsforschung, werden hierzu in der frühen Kindheit „interne Arbeitsmodelle“ angelegt, die sich im Verlauf des kontinuierlichen Dialogs zwischen den Eltern–Erzieher–Betreuern und dem Kind herausbilden. Kinder wenden sich beispielsweise in bedrohlichen oder angsteinflößenden Situationen instinktiv ihren Eltern oder Betreuern zu und suchen dort Schutz, Geborgenheit sowie Selbstbestätigung. Während solcher gemeinsam erlebten Episoden (die natürlich auch positiver Art sein können) „stimmen“ sich die Partner emotional aufeinander ein und ermöglichen dem Kind eine *Intersubjektivität* zu erleben, die vermutlich die Basis sowohl für die Fähigkeit, sich in einen Mitmenschen hineinversetzen zu können (*theory of mind*), als auch für die Fähigkeit des Einfühlens und Mitfühlens (*Empathie*) bildet.

Diese Fähigkeiten werden überwiegend über den *Präfrontalcortex* verarbeitet und gelernt. Durch die sehr langsame Entwicklung dieser kortikalen Region bietet sich ein lang geöffnetes „sensibles“ Entwicklungszeitfenster, in dem sich die neuronalen

Verschaltungen in Abhängigkeit der jeweiligen Erfahrungswelt verändern und stabilisieren können.

Im Bereich der emotionalen Bindung zeigen sich gerade in den letzten Jahrzehnten gravierende Defizite bei Kindern und Jugendlichen, die neben schulischen Problemen langfristig dann auch zu psychiatrischen Störungsbildern wie Sucht, Aggressivität, Angsterkrankungen einerseits und delinquentem Verhalten andererseits führen können. Die enormen Folgekosten für Versäumnisse in der Früherziehung müssen sicherlich an dieser Stelle nicht explizit erwähnt werden.

Am eindrucksvollsten tritt die Bedeutung früher Bindungserfahrungen auf die Gehirnentwicklung bei Tiermodellen und an Kindern zutage, die während der ersten Lebensjahre unter starker sensorischer, kognitiver und sozioemotionaler Deprivation aufwuchsen. Tierexperimentelle Forschungsergebnisse zeigen, dass das Gehirn von Ratten oder Hühnerküken, die während früher Entwicklungsphasen wiederholt oder auf Dauer von den Eltern getrennt wurden, einen deutlich reduzierten Stoffwechsel aufweist, d.h. eine verminderte Aktivität der *Zellen im präfrontalen Cortex* (und anderen limbischen Hirnregionen), die sowohl bei der Wahrnehmung von emotionalen Signalen (z.B. durch Mimik oder Sprache) als auch bei der Steuerung emotionaler Verhaltensweisen (Aggression, Impulskontrolle, Empathie) eine wichtige Rolle spielen.

Eine vergleichbare chronische „Unteraktivierung“ solcher *präfrontaler Emotionszentren* findet sich bei Menschen mit emotionalen Störungen, beispielsweise bei depressiven Patienten.

Harry Chugani u.a. (2001) konnten im Rahmen einer Adoptionsstudie bei rumänischen Waisenkindern mithilfe von bildgebenden Verfahren ebenfalls eine Unteraktivierung im *Orbitofrontalcortex*, *infralimbischen Präfrontalcortex*, in der *medialen Amygdala* und im *Hippocampus*, d.h. in den emotional und kognitiv relevanten *präfrono-limbischen Schaltkreisen* nachweisen.

Sir Michael Rutter (2002) wiederum konnte bei diesen Kindern eine Vergrößerung des Mandelkerns (*Amygdala*, einer limbischen Gehirnregion die auf emotionale Reize reagiert) in der rechten Hirnhälfte nachweisen, während die linke *Amygdala* (vgl. Abb. 1, links) im Verhältnis zur Dauer der Deprivation (Waisenhaus) verkleinert ist.

Am Tiermodell wurden auf mikroskopischer Ebene ebenfalls dauerhafte strukturelle Veränderungen im Gehirn nach emotionaler Deprivation nachgewiesen.

In den präfrontalen Regionen und in fast allen limbischen Kerngebieten wurden je nach Ausmaß der durchlebten Deprivation erhöhte oder erniedrigte Synapsendichten gefunden. Bei Tieren, die kurz nach der Geburt psychischem Stress ausgesetzt wurden und dann unter sozialen Isolationsbedingungen aufwuchsen, wurden dramatische Veränderungen der dopaminergen und serotonergen Fasersysteme gemessen, die u.a. auch die präfrontalen Gehirnregionen massiv innervieren. Offenbar entwickeln sich also gerade die neurochemischen Systeme nur unvollkommen oder fehlerhaft die – wie im Folgenden noch ausgeführt werden wird – an emotionalen und motivationalen Funktionen sowie an Lern- und Gedächtnisprozessen beteiligt sind.

Trotz jahrzehntelanger entwicklungspsychologischer Forschung, die eine Fülle von detaillierten Erkenntnissen zur Bedeutung emotionaler Leistungen erbracht hat, ist auf der gehirnbioologischen Ebene auch heute noch weitgehend unklar, welche Umweltfaktoren in welcher Weise bei der erfahrungsgesteuerten funktionellen Reifung spezifischer Regionen des limbischen Systems wirksam werden. Die zellulären und molekularen Mechanismen, die hierbei eine Rolle spielen, können nur an geeigneten Tiermodellen systematisch untersucht werden. Dieser Forschungszweig wird daher – im Gegensatz zu Deutschland und den meisten europäischen Ländern – in den USA seit Jahrzehnten in großem Umfang forciert und finanziell unterstützt. Wie in allen Bereichen der klinischen Forschung wird es auch hier nur über das detaillierte Verständnis der neuronalen Entwicklungsprozesse im Gehirn längerfristig möglich sein, neue verbesserte präventive und therapeutische Strategien und Maßnahmen für das menschliche Gehirn zu entwickeln.

Referenzen zu Kapitel 5

- Bock, Jörg/Braun, Katharina (1998): Differential emotional experience leads to pruning of dendritic spines in the forebrain of domestic chicks. In: *Neural Plasticity*, H. 6, S. 17–27
- Bock, Jörg/Braun, Katharina (1999): Blockade of N-methyl-D-aspartate receptor activation suppresses learning-induced synaptic elimination. In: *Proceedings of the National Academy Of Sciences USA*, H. 5, S. 2485–2490
- Bock, Jörg/Gruß, Michael/Becker, Susan/Braun Katharina (2005): Experience-induced changes of dendritic spine densities in the prefrontal and sensory cortex: Correlation with developmental time windows. In: *Cerebral Cortex*, H. 15, S. 802–808
- Bowlby, John [1969] (1999): *Attachment. Band 1: Attachment and Loss. 2. bearb. Auflage.* New York: Basic Books
- Braun, Katharina/Lange, E./Metzger, M./Poeggel, Gerd (2000) Maternal separation followed by early social isolation affects the development of monoaminergic fiber systems in the medial prefrontal cortex of *Octodon degus*. *Neuroscience* Nr. 95, S. 309–318
- Chugani Harry T./Behen Michael E./Muzik, Otto/Juha, Csaba/Nagy, F./Chugani, Diane C. (2001): Local Brain Functional Activity Following Early Deprivation: A Study of Postinstitutionalized Romanian Orphans. In: *NeuroImage*, H. 14, S. 1290–1301
- Davidson, Richard J./Putnam, Katherine M./Larson, Christine L. (2000): Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation – A possible prelude to violence. In: *Science*, H. 289, S. 591–594
- Gos, T./Becker, K./Bock, J./Malecki, U./Helmeke, C./Poeggel G./Bogerts B./Braun, Katharina (2006). Early neonatal and postweaning social emotional deprivation interferes with the maturation of serotonergic and tyrosine hydroxylase-immunoreactive afferent fiber systems in the rodent nucleus accumbens, hippocampus and amygdala. *Neuroscience*, 140: 811–821
- Jensen, Peter S./Mrazek, David/Knapp, Penelope K./Steinberg, Laurence/Pfeffer, Cynthia/Schowalter, John/Shapiro, Theodore (1997): Evolution and revolution in child psychiatry: ADHD as a disorder of adaptation. In: *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, H. 36, S. 1672–1681
- Karmiloff-Smith, A. (1998): Development itself is the key to understanding developmental disorders. In: *Trends in Cognitive Sciences*, 2. Jg., H. 10, S. 389–398
- Mandler, Jean M. (1992): How to build a baby: II. Conceptual primitives. In: *Psychological Review*, H. 99, S. 587–604
- Mehta, Mitul M. A./Golembo, Nicole I./Nosarti, Chiara/Colvert, Emma/Mota, Ashley/Williams, Steven C.R./Rutter, Michael/Sonuga-Barke, Edmund J. S. (2009): Amygdala, hippocampal and corpus callosum size following severe early institutional deprivation: The English and Romanian Adoptees Study Pilot. In: *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, H. 50, S. 943–951
- NICHD Early Child Care Research Network (1997): The effects of infant child care on infant-mother attachment security: Results of the NICHD Study of Early Child Care. In: *Child Development*, H. 68, S. 860–879
- Poeggel, Gerd/Braun, Katharina (1996): Early auditory filial learning in *degus* (*Octodon degus*): Behavioral and autoradiographic studies. In: *Brain Research*, H. 743, S. 162–170
- Poeggel, Gerd/Helmeke, Carina/Abraham, Andreas/Schwabe, Tina/Friedrich, Patricia/Braun, Katharina (2003): Juvenile emotional experience alters synaptic composition in the rodent cortex, hippocampus, and lateral amygdala. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, H. 100, S. 16137–16142
- Poeggel, Gerd/Nowicki, L./Braun, Katharina (2003): Early social deprivation alters monoaminergic afferents in the orbital prefrontal cortex of *Octodon degus*. In: *Neuroscience*, H. 116, S. 617–620
- Raine, Adrian/Buchsbaum, Monte/LaCasse, Lori (1995): Brain abnormalities in murderers indicated by positron emission tomography. In: *Biological Psychiatry*, 42 Jg., H. 6, S. 495–508
- Rosenzweig, Mark R. (2003): Effects of differential experience on the brain and behavior. *Developmental Neuropsychology*, 24. Jg., H. 2–3, S. 523–540
- Rutter, Michael (2002): Nature, nurture, and development: From evangelism through science toward

policy and practice. In: Child Development, 73. Jg., H. 1, S. 1–21

Skeels, Harold M. (1966): Adult status of children with contrasting early life experiences: A follow-up study. In: Monographs of the Society for Research in Child Development, Nr. 105, Band 31

Spitz, René A. (1945): Hospitalism. In: Psychoanalytical study of the child, H. 1, S. 53–74

Szyf, Moshe/Meaney, Michael J. (2008): Epigenetics, behaviour, and health. In: Allergy, Asthma and Clinical Immunology, Nr. 15, 4. Jg., H. 1, S. 37–49

Zehle, Stefanie/Bock, Jörg/Jezierski, Grzegorz/Gruß, Michael/Braun, Katharina (2007): Methylphenidate treatment recovers stress-induced dendritic and synaptic changes in the rodent dorsal anterior cingulate cortex. In: Developmental Neurobiology, 67, S. 1891–1900

Ziabreva, I./Schnabel, R./Poeggel, G./Braun, Katharina (2003) Mother's voice "buffers" separation-induced receptor changes in the prefrontal cortex of Octodon degus. Neuroscience. Nr. 119, S. 433–441

Ziabreva, I./Poeggel, G./Schnabel, R./Braun, Katharina (2003) Separation-induced receptor changes in the hippocampus and amygdala of Octodon degus: Influence of maternal vocalizations. Journal of Neuroscience, H. 23, S. 5329–5336

6 Was ist angeboren, was ist erlernt?

Der weitreichende Einfluss von Lern- und Erfahrungsprozessen bei der Gehirnentwicklung wurde jahrzehntelang gewaltig unterschätzt. Systematische tierexperimentelle Untersuchungen in den letzten Jahren zeigen jedoch immer mehr, dass der Abwechslungsreichtum der Umwelt letztendlich darüber bestimmt, wie komplex sich die zellulären informationsübertragenden Strukturen des Gehirns entwickeln und wie sich die verschiedenen Gehirnsysteme miteinander vernetzen. In allen Entwicklungsstadien des Gehirns sowie seiner Nervenzellen und Synapsen kommt es zu einer subtilen Wechselwirkung zwischen genetisch festgelegten, d.h. angeborenen, vorprogrammierten zellulären und molekularen Programmen, und zu den „epigenetischen“ Veränderungen, die durch Erfahrungen und Lernvorgänge in den Nervenzellen ausgelöst werden (vgl. Abb. 4).

Die genetische Ausstattung, d.h. die angeborenen Komponenten bei der Entwicklung der Nervenzellen, steckt den Rahmen des optimal möglichen Potenzials fest, innerhalb dessen sich die Gehirnentwicklung eines Individuums ausformen kann. In diesem Rahmen wird ein grober Schaltplan des Gehirns mit den prinzipiellen Antworteigenschaften der Nervenzellen beispielsweise auf Sinnesreize festgelegt. Die hierbei entstehenden synaptischen Netzwerke werden dann über lern- und erfahrungsinduzierte epigenetische Prozesse nochmals umgebaut, d.h. es erfolgt eine Präzisierung und Optimierung dieser Informationskanäle, quasi vergleichbar mit dem „tuning“ eines Motors, der auf Höchstleistung „frisiert“ wird.

Die Mechanismen, die solchen epigenetischen Veränderungen zugrunde liegen, sind noch nicht vollständig bekannt, sie werden vor allem auch im Zusammenhang mit der Organogenese während der Embryonalentwicklung (u.a. um die Ursachen von Fehlentwicklungen des Embryos während der Schwangerschaft zu identifizieren) und mit der Entstehung von Tumoren intensiv erforscht:

Jede Zelle unseres Körpers enthält dasselbe *Genom*, d.h. eine Zelle in der Niere oder eine Nervenzelle be-

sitzen dieselben genetischen Informationen wie eine Muskelzelle, dennoch entwickeln sie ganz unterschiedliche Formen und Funktionen. Die Unterschiede in der Funktionsweise dieser Zellen werden im Verlauf der frühen Embryonalentwicklung festgelegt und entstehen dadurch, dass bei der Entstehung der verschiedenen Zellen unterschiedliche Gene abgelesen werden. Diese Regulation, wann und welches Gen aktiv oder inaktiv ist, wird über verschiedene Regulationsmechanismen umgesetzt, einer davon ist die *DNA-Methylierung*, mit der die Lesbarkeit von Genen verändert werden kann.

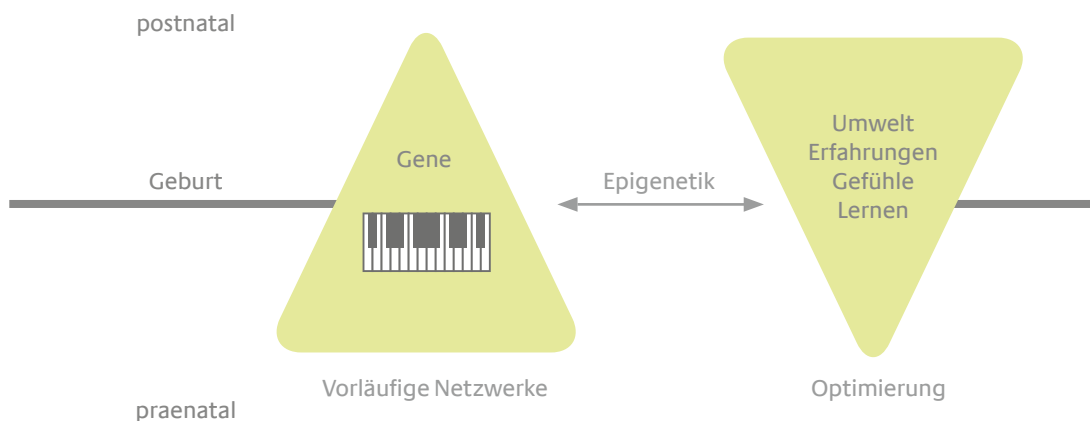
Der Einfluss epigenetischer Prozesse bei der Gehirnentwicklung und der Entstehung von Gehirnerkrankungen wurde erst vor ein paar Jahren erkannt, insbesondere durch die Pionierarbeiten des Krebsforschers Moshe Szyf und des Neurobiologen Michael Meaney (2008). Die Arbeiten der beiden kanadischen Forscher an Ratten zeigten erstmals, dass die frühkindliche „Erziehung“ durch die Rattenmutter die Expression bestimmter Gene nachhaltig und damit die Verhaltensentwicklung ihrer Jungtiere beeinflusst. Nachkommen von liebevollen Rattenmüttern entwickeln eine bessere Stressresistenz als die Nachkommen

von lieblosen Müttern. Im Gehirn der Tiere zeigte die molekulare Analyse, dass die DNA in den Zellen des Hippocampus ein unterschiedliches Methylierungsmuster aufweist, d.h. die mütterliche Fürsorge kann offenbar wichtige Gene der Stressreaktion durch chemische Veränderung abschalten und darüber eine verbesserte Stressresistenz bewirken.

Beim Menschen wurde kürzlich nachgewiesen, dass im Gehirn von Missbrauchsoptionen bestimmte Gene durch Methylierung abgeschaltet wurden. Auch wenn solche Befunde noch mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten sind, u.a. auch weil es beim Menschen deutlich schwieriger als bei Tieren ist, die Unterschiede in der Methylierung auf frühkindliche Erfahrungen zurückzuführen, häufen sich doch immer mehr überzeugende tierexperimentelle Evidenzen zum Einfluss der Umwelt auf die Umsetzung des Erbmaterials.

Es wird zunehmend klar, dass diese Mechanismen sowohl bei der Optimierung funktioneller Schaltkreise während der Gehirnentwicklung als auch bei der alters- oder krankheitsbedingten Degeneration neuronaler Verschaltungen (z.B. bei Demenzerkrankungen) eine Rolle spielen.

Abbildung 4: Vereinfachte Darstellung der Wechselwirkung zwischen genetischer Anlage und Umwelteinflüssen



Vereinfachte Darstellung der Wechselwirkung zwischen genetischer Anlage (symbolisiert als Klaviertastatur, die den Rahmen für das Entwicklungspotenzial vorgibt) und den Umwelteinflüssen (der „Pianist“), die über epigenetische Mechanismen bestimmte Gene an- oder abschalten können. Daraus wird klar, daß die genetische Ausstattung nur dann voll ausgeschöpft werden kann, wenn diese durch frühe Erfahrungs- und Lernprozesse ausreichend aktiviert werden. Man nimmt an, daß dieses erfahrungsinduzierte „Konzert“ der Genaktivierungen und Genabschaltungen den strukturellen synaptischen Reorganisationsprozessen zugrunde liegen (vgl. Kap. 2 und Kap. 3).

Quelle: Institut für Biologie, Abt. Zoologie und Entwicklungsneurobiologie, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Bildhaft könnte man sich also die im Zellkern der Nervenzellen enthaltene Geninformation als Klaviertastatur vorstellen, auf der die Umwelt (Epigenetik) als Pianist die „Gentasten“ anschlägt und dadurch die Optimierung der neuronalen Netzwerke beeinflusst.

Im Falle einer komplexen, reichhaltigen Umwelt werden viele „Gen-Tasten“ angeschlagen und es entsteht so eine „Symphonie“, d.h. ein komplexes und leistungsfähigeres Netzwerk, während bei nur spärlicher Anregung entsprechend weniger Gene reguliert werden, sodass nur eine simple Melodie oder ein Chaos entsteht, d.h. die entsprechenden neuronalen Verschaltungsmuster werden eine geringere Leistungskapazität erreichen und können langfristig geradezu verkümmern.

Bei chaotischen Umweltbedingungen (wie beispielsweise unvollständige oder inkonsistente Informationen) und Reizüberflutung (beispielsweise durch Medien) kann es hierbei auch zu „falschen“ synaptischen Verschaltungen kommen, d.h. es werden unsinnige Verhaltensweisen angelegt. Der Vergleich des „Pianisten“ Umwelt und seinem „Genklavier“ veranschaulicht auch, dass es bei einer genetischen Schädigung (wie beim Down Syndrom oder fragilen X Syndrom), d.h. bei einem Klavier mit einer defekten Taste, dennoch durch frühzeitige und umfangreiche Förderung gelingen wird, das Gehirn in seiner Entwicklung noch zu einer beachtlichen Leistungskapazität zu führen.

Referenzen zu Kapitel 6

- Blakemore, Colin/Van Sluyters, R. C. (1975): Innate and environmental factors in the development of the kitten's visual cortex. In: *The Journal of Physiology*, Heft 3, Nr. 248, S. 663–716
- Blackmore, Sarah J./Frith, Uta (2005): *The learning brain: lessons for education*. Malden, MA: Blackwell
- Bock, Jörg/Braun, Katharina (1998): Differential emotional experience leads to pruning of dendritic spines in the forebrain of domestic chicks. In: *Neural Plasticity*, H. 6, S. 17–27
- Bock, Jörg/Gruß, Michael/Becker, Susan/Braun, Katharina (2005): Experience-induced changes of dendritic spine densities in the prefrontal and sensory cortex: Correlation with developmental time windows. In: *Cerebral Cortex*, H. 15, S. 802–808
- Elliot, Lise (2000): *What's Going on in There? How the Brain and Mind Develop in the First Five Years of Life*. New York/London/München: Bantam Verlag
- Karmiloff-Smith, A. (1998): Development itself is the key to understanding developmental disorders. In: *Trends in Cognitive Sciences*, 2. Jg., H. 10, S. 389–398
- McGowan, Patrick O./Suderman, Mathew/Sasaki, Aya/Huang, Tony T.C./Hallett, Michael/Meaney, Michael J./Szyf, Moshe (2011): Broad epigenetic signature of maternal care in the brain of adult rats. *Journal PLoS one*, Nr. 28, 6. Jg., H. 2, S. 714–739
- Plomin, Robert/Spinath, Frank M. (2002): Genetics and general cognitive ability. In: *Trends in Cognitive Sciences*, 6. Jg., H. 4, S. 169–176
- Plomin, Robert/Spinath, Frank M. (2004): Intelligence: Genetics, genes, and genomics. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, H. 86, S. 112–129
- Rosenzweig, Mark R. (2003): Effects of differential experience on the brain and behavior. *Developmental Neuropsychology*, 24. Jg., H. 2–3, S. 523–540
- Rutter, Michael (2002): Nature, nurture, and development: From evangelism through science toward policy and practice. In: *Child Development*, 73. Jg., H. 1, S. 1–21
- Siegel, Daniel J. (1999): *The Developing Mind*. New York: Guilford Press
- Szyf, Moshe/Meaney, Michael J. (2008): Epigenetics, behaviour, and health. In: *Allergy, Asthma and Clinical Immunology*, Nr. 15, 4. Jg., H. 1, S. 37–49

7 Neuronale Mechanismen des Lernens

Lernen besteht nicht in passiver Wissensaufnahme, sondern ist ein *aktiver Prozess*: das Wissen entsteht im Netzwerk Gehirn selbst. Gerade bei Kindern fällt immer wieder auf, dass sie *von sich aus lernen*, d.h. ihr Lerntrieb und ihre Neugier muss nicht „angeheizt“ werden, denn sie scheinen *von alleine zu lernen*, d.h. ohne dass ihnen jemand die Zusammenhänge, Regeln oder Grammatik erklären muss (das beste Beispiel hierfür ist das Erlernen der Muttersprache bzw. einer Fremdsprache, die Kinder in kürzester Zeit erlernen) – das Gehirn scheint diese Zusammenhänge selbst zu „erklären“.

Das kindliche Lernen kann demnach ohne direkte Instruktion von außen erfolgen, und zwar nach dem Prinzip *Learning by doing* bzw. *Lernen am Erfolg*, und es folgt meist einer explorativen „Versuch-Irrtum“-Strategie. Die optimale Lernsituation besteht in einer interaktiven ganzheitlichen Auseinandersetzung mit der Umwelt und den sich daraus ergebenden Lernanboten und Lernsituationen.

Hierzu ist ein klassisches Tierexperiment instruktiv: Nach Richard Held und Alan Hein (1963) sind passive Lernumgebungen wenig wirksam: Zwei junge Katzen im Spielalter werden in einer Rundarena vergleichbaren visuellen, aber unterschiedlichen Verhaltenserfahrungen ausgesetzt. Dazu wird die eine Katze mit einem kleinen Brustgeschirr und einer Leine an einer drehbaren Achse befestigt und kann sich in der Arena mit verschiedensten Gegenständen frei auseinandersetzen und herumlaufen. Die andere Katze schwebt an einem Körbchen, das an derselben Drehachse über der Szene befestigt ist, und kann, während sie von der anderen, aktiv laufenden Katze mit-„gedreht“ wird, deren Spiel genau verfolgen, aber nichts selbst tun. Das Ergebnis solcher unterschiedlicher Erfahrungen über viele Tage ist eine erhebliche Retardierung der Verhaltensentwicklung der passiv „konsumierenden“ Katze.

Leider ist bei Experimenten dieses Typs bisher nie untersucht worden, inwieweit sich frühe Defizite später im Erwachsenenalter auswirken. Das kindliche Lernen folgt in vielen Fällen dem Lernprinzip

der *operanten* oder *instrumentellen Konditionierung*, d.h. die Häufigkeit eines Verhaltens wird durch seine angenehmen oder unangenehmen Konsequenzen nachhaltig verändert.

Die Neurowissenschaftler untersuchen diese Lernformen hinsichtlich ihrer zugrunde liegenden Hirnmechanismen an verschiedenen Tiermodellen und bei unterschiedlichen Lernaufgaben. Bei der instrumentellen Konditionierung will das Individuum mit seinem Verhalten ein bestimmtes Ziel erreichen: Bei Erfolg wird es beim nächsten Mal wieder dasselbe Verhalten zeigen und bei Misserfolg wird es ein anderes Verhalten ausprobieren. Das heißt: man betrachtet das Verstärken oder Abschwächen von instrumentellem Verhalten und kann dies sowohl beim Menschen als auch beim Tier messen, die beide mit denselben Verhaltensstrategien und homologen Hirnstrukturen lernen (vgl. Abb. 1).

Bei der operanten Konditionierung erzielt das Individuum, ohne mit einer spezifischen Lernaufgabe oder einem definierten Problem konfrontiert zu werden, durch ein spontanes, unbeabsichtigt oder zufällig gezeigtes Verhalten eine positive Veränderung seiner Umwelt (durch Erhalt einer Belohnung, aber auch durch Vermeidung eines unangenehmen Reizes oder einer Situation). Sobald das Individuum den Zusammenhang seines (zunächst spontanen) Tuns und der Wirkung erkannt hat, wird es diese Verhaltensweise häufiger zeigen.

Das Gehirn funktioniert demnach nicht wie ein Datenspeicher, in den vorverarbeitete (wie im klassischen Schulunterricht in Form von didaktisch sorgfältig aufbereiteten Schulstunden) Daten eingespeist werden, sondern es fungiert als *Datenerzeuger*. Dieses Prinzip zeigt auch klar, dass Lernen über die Wiederholung von gerichteten oder spontanen Verhaltensweisen verläuft, und nur so können sich im Gehirn assoziative Zusammenhänge bilden und „verstanden“ werden, bzw. sich dann durch weiteres Üben im Langzeitgedächtnis abspeichern.

In den ersten sechs Lebensjahren geht es bei der lern- und erfahrungsgesteuerten Optimierung des Gehirns aber nicht primär um das Abspeichern spezifischer Inhalte oder detaillierter Information, sondern um die Etablierung prinzipieller kognitiver und emotionaler Denk- und Verhaltenskonzepte. Es wird eine Art *kognitive* und *emotionale Grammatik* im Gehirn etabliert, die die emotionalen und kogni-

tiven Kompetenzen für das spätere Leben festlegen. Hieraus ergibt sich auch, dass eine Fehlfunktion des „Belohnungssystems“ im Gehirn (beispielsweise entstanden durch emotionale Deprivation oder Vernachlässigung) zwangsläufig eine Lernbehinderung zur Folge haben wird, und dass diese Netzwerke bei mangelnder oder falscher Förderung gar nicht, oder nur geringfügig verändert (oder in die falsche Richtung gelenkt) werden (vgl. zu „falscher Förderung“ Kapitel 9, Stichwort Medien).

Die zitierten Studien an deprivierten Heimkindern zeigen, dass sich insbesondere die offenbar besonders gravierenden, teilweise nicht mehr korrigierbaren emotionalen „Sprachfehler“ und die „Verstummung“ (Gefühlsarmut) negativ auf die Lernleistungen sowie auf das gesamte soziale und emotionale Leben auswirken.

Referenzen zu Kapitel 7

- Astington, Janet W./Pelletier, Janette (1996): The language of mind: Its role in teaching and learning. In: Olson, David R./Torrance, Nancy (Hrsg.): The handbook of education and human development, Oxford: Blackwell, S. 593–620
- Blakemore, Colin/Van Sluyters, R. C. (1975): Innate and environmental factors in the development of the kitten's visual cortex. In: The Journal of Physiology, Heft 3, Nr. 248, S. 663–716
- Braun, Katharina/Bock, Jörg (2008): Born to learn: juvenile learning optimizes brain function. In: Gruhn, Wilfried/Rauscher, Frances H. (Hrsg.): Neurosciences in music pedagogy. New York
- Doupe, Alison/Kuhl, Patricia (1999): Birdsong and human speech: common themes and mechanisms. In: Annual Review Neuroscience, H. 22, S. 567–631
- Frank, M. J./Seeberger, L. C./O'Reilly, R. C. (2004): By carrot or by stick: cognitive reinforcement learning in Parkinsonism. In: Science, H. 306, S. 1940–1943
- Gruss, Michael/Abraham, Andreas/Schäble, Sandra/Becker, Susann/Braun, Katharina (2010): Cognitive training during infancy and adolescence accelerates adult associative learning: critical impact of age, stimulus contingency and training intensity. In: Neurobiology of Learning and Memory, Nr. 94, H. 3, S. 329–340
- Held, Richard/Hein, Alan (1963): Movement-produced stimulation in the development of visually guided behaviour. In: Journal of Comparative and Physiological Psychology, H. 56, S. 872–876
- Kuhl, Patricia K. (2004): Early language acquisition: cracking the speech code. In: Nature Reviews Neuroscience, H. 5, S. 831–843
- Kuhl, Patricia K./Tsao, Feng-Ming/Liu, Huei-Mei (2003): Foreign language experience in infancy: effects of short-term exposure and social interaction on phonetic learning. In: Proceedings of the National Academy of Sciences, H. 100, S. 9096–9101
- Mumme, Donnal L./Fernald, Anne/Herrera, Carla (1996): Infants' responses to facial and vocal emotional signals in a social referencing paradigm. In: Child Development, H. 67, S. 3219–3237
- Münste, Thomas F./Altenmüller, Eckart/Jäncke, Lutz (2002): The musician's brain as a model of neuroplasticity. In: Nature Reviews Neuroscience, 3. Jg., H. 6, S. 473–478
- Ohl, Frank W./Scheich, Henning (2005): Learning-induced plasticity in animal and human auditory cortex. In: Current Opinion in Neurobiology, H. 15, S. 470–477
- Pavlov, Ivan (1927): Conditioned Reflexes: An Investigation of the Physiological Activity of the Cerebral Cortex. Translated and Edited by G. V. Anrep. London: Oxford University Press
- Piaget, Jean (1992): Psychologie der Intelligenz. Stuttgart
- Riedel, Anett/Gruss, Michael/Bock, Jörg/Braun, Katharina (2010): Impaired active avoidance learning in infant rats may be related to insufficient metabolic recruitment of the lateral septum. Neurobiology of Learning and Memory, H. 93, S. 275–282
- Ritterfeld, Ute (2004): Die spezifische Sprachentwicklungsstörung: Phänomenbeschreibung und Erklärungsmodelle. In: Heilpädagogische Forschung, H. 2, S. 70–91
- Scheich, Henning (2003): Lernen unter der Dopaminusche. In: DIE ZEIT, Nr. 39, S. 38

- Sharp, Donald/Cole, Michael/Lave, Charles (1979): Education and cognitive development: The evidence from experimental research. In: Monographs of the Society for Research in Child Development, 44. Jg., H. 1–2, Nr. 178
- Singer, Wolf (2002): Was kann ein Mensch wann lernen? In: Der Beobachter im Gehirn. Frankfurt am Main, S. 43–59
- Singer, Dorothy G./Golinkoff, Roberta M./Hirsh-Pasek, Kathy (Hrsg.) (2006): Play = learning: How to play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth. New York: Oxford University Press
- Spelke, Elisabeth S. (1994): Developing knowledge: Diverse perspectives and common themes. In: Vyt, Andre/Bloch, Marc/Bornstein, Henriette M. (Hrsg.): Early child development in the French tradition. Hillsdale/NJ: Erlbaum.
- Spelke, Elizabeth S. (2000): Core knowledge. In: American Psychologist, H. 55, S. 1233–1243
- Tomasello, Michael/Strosberg, Randi/Akhtar, Nameera (1996): Eighteen-month-old children learn words in non-ostensive contexts. In: Journal of Child Language, H. 23, S. 157–176
- Tsao, Feng-Ming/Liu, Huei-Mei/Kuhl, Patricia K. (2004): Speech perception in infancy predicts language development in the second year of life: A longitudinal study. In: Child Development, 75. Jg., H. 4, S. 1067–1084

8 Der Zusammenhang zwischen emotionalen Prozessen sowie Lern- und Gedächtnisvorgängen

Höhere assoziative Lernprozesse sind an Emotionen gekoppelt: Die beteiligten Gehirnregionen (das limbische System) spielen sowohl beim Lernen als auch bei der emotionalen Verhaltenssteuerung eine herausragende Rolle. Lernen und die damit verknüpften Emotionen verursachen im Gehirn die (schnellen) elektrischen und biochemischen sowie die (langfristigen) strukturellen Veränderungen von *Synapsen* (= Informationskanäle) (vgl. dazu die detaillierte Erläuterung im Kapitel 2).

Kinder lernen von sich aus und von Geburt an

Das kindliche Gehirn kann in seiner enormen Leistungsfähigkeit kaum überfordert werden, die Gefahr liegt eher in einer Unterforderung. Es kann jedoch demotiviert werden, beispielsweise durch ständige Misserfolge, destruktive oder inkonsequente Kritik sowie durch Strafen und Demütigung.

Ulrich Hermann (2004) hat in einem Vortrag ein (auch aus der neurowissenschaftlichen Perspektive) spannendes „Experiment“ geschildert, wie man es nicht besser hätte darstellen können:

Drei Wochen lang hängten Forscher über die Bettchen der Säuglinge jeden Tag für zehn Minuten Mobiles. Sie bildeten drei Gruppen. Die Gruppe A erhielt gewöhnliche Mobiles, die sich eben bewegten oder auch nicht. Die Gruppe B bekam Mobiles, die jede Minute fünf Sekunden lang eine Drehbewegung ausführten. Der Gruppe C wurden Mobiles über die Bettchen gehängt, die mit Drucksensoren in Verbindung standen, die in die Kopfkissen eingenäht waren, sodass die Kopfbewegungen der Säuglinge über die Drucksensoren in den Kopfkissen die Mobiles in Bewegung setzten.

Was zeigte sich nach drei Wochen?

In den Gruppen A und B – das sind die Säuglinge, die zufällige bzw. mechanisch wiederkehrende Mobilebewegungen gesehen hatten – veränderte sich die Häufigkeit der Kopfbewegungen nicht, wohl aber in der Gruppe C, also derjenigen Gruppe, wo Kopfbewegungen die Mobiles in Bewegung gesetzt hatten.

Die Säuglinge der Gruppe C hatten offensichtlich in wenigen Tagen gelernt, dass sie mit ihren Kopfbewegungen das Mobile beeinflussen konnten. Ihr Interesse am Mobile wurde von Tag zu Tag größer, während die Kinder der Gruppen A und B ihre Mobiles immer weniger beachteten. Das Experiment hatte aber noch aufregend andere, völlig unerwartete Wirkungen auf das Verhalten der Säuglinge der Gruppe C. Im Unterschied zu denen der Gruppen A und B zeigten sie einen lebhafteren Gesichtsausdruck, sie lächelten mehr, und – vor allem – sie versuchten immer wieder, durch die Artikulation von Tönen ihrem Behagen und ihrer Freude Ausdruck zu verleihen. Aus diesem Experiment können mehrere Schlussfolgerungen gezogen werden:

(1) „Die kindliche Neugier, ausgedrückt als Interesse und Freude, Lebhaftigkeit und Wohlbehagen, wird am meisten geweckt und bleibt am längsten erhalten, wenn sich das Kind aktiv betätigen kann.“

(2) „Die Neugier ist nicht beliebig. Sie wird festgelegt durch diejenigen Fähigkeiten, die heranreifen und durch Erfahrungen gefestigt werden sollen. Die Neugier bringt das Kind dazu, die notwendigen Erfahrungen in seiner Umwelt zu suchen und auch zu machen. Die Neugier leitet das Kind beim Lernen.“

(3) „Die Eltern brauchen die Neugier und die Aktivität ihres Kindes nicht zu wecken oder gar zu steuern. Beides bringt das Kind mit. Es ist also ausreichend, wenn die Eltern dem Kind Erfahrungsmöglichkeiten anbieten. Und das Kind soll dann selbst bestimmen können, wie und in welchem Ausmaß es diese nutzen will.“

Dieses Beispiel zeigt anschaulich, dass Kinder von sich aus und von Geburt an lernen, und dieser angeborene „Lerntrieb“ der Kinder wird derzeit hirnbilologisch aufgeschlüsselt. Besonders bedeutsam ist die emotionale Komponente des Lernens, die sich neuronal in der Form nachweisen lässt, dass bei allen (d.h. nicht nur bei den schultypischen!) Lernvorgängen das „Belohnungssystem“ (limbisches System) aktiviert wird („Erfolgsgefühl“).

Darf Lernen Spaß machen? – Lernen kann Glücksgefühle verschaffen

Das in der heutigen „Spaßgesellschaft“ leider oft negativ belegte Motto „Lernen macht Spaß“ resultiert aus diesen neuronalen Funktionen, d.h. die aus einer Eigentätigkeit gewonnene („erarbeitete“) Erkenntnis

von Zusammenhängen erzeugt einen Zustand des Wohlbefindens und des „Stolzes“. Das durch solche anfänglich eher „zufällig“ (operant) erzielten positiven Erfahrungen entstehende Streben nach Erfolgserlebnissen geht dann in eine instrumentelle Konditionierung über, d.h. das Individuum versucht sich so oft wie möglich mit Lernaufgaben zu konfrontieren und Zusammenhänge zu ergründen, um sich dieses Glücksgefühl möglichst oft zu verschaffen.

Insbesondere die Neurotransmitter *Noradrenalin*, *Serotonin* und *Dopamin* modulieren den Aufmerksamkeitszustand und die emotionale Grundstimmung. Henning Scheich (2003) entdeckte bei tierexperimentellen Untersuchungen (am Magdeburger *Leibniz Institut für Neurobiologie*), dass in dem Moment, in dem ein erwachsenes Tier eine Lernaufgabe „verstanden“ hat, d.h. wenn das Tier eine erfolgreiche Verhaltensstrategie entwickelt hat, also der „Groschen gefallen ist“ und ein „Aha“ Erlebnis erfolgte, im präfrontalen Cortex Dopamin ausgeschüttet wird.

Lernuntersuchungen in meiner Arbeitsgruppe (Gruss u.a. 2010; Schäble 2007) an jungen Ratten haben gezeigt, dass die pharmakologische Blockade dieser Dopaminausschüttung während des Lerntrainings den Lernerfolg verschlechtert. Beim Menschen ist bekannt, dass Dopamin die Stimmung hebt (einige Drogen wie z.B. Kokain oder Amphetamine wirken über eine übersteigerte Dopaminfunktion) – und aus den Tierexperimenten lässt sich ableiten, dass ein Lernerfolg unmittelbar zu einem Glücksgefühl führt, und zwar über die „Droge“ Dopamin.

Das kindliche Gehirn ist sozusagen von Natur aus „lernsüchtig“, es sucht nach dem „Kick“ und nutzt dabei in seiner offenbar unerschöpflichen Leistungskapazität für seine eigene Belohnung seine „hausgemachten Drogen“. Die Befunde aus der tierexperimentellen neurowissenschaftlichen Forschung belegen auch das, was ein guter Lehrer und Pädagoge intuitiv weiß und nutzt, nämlich dass die emotionale Beteiligung essenziell für höhere assoziative Lernprozesse ist. Zu beachten ist hierbei, dass es nicht unbedingt eine direkte Belohnung („Zuckerbrot“) sein muss, die den Lernprozess fördert; auch Anstrengung und leichter Stress („Peitsche“), bei denen andere Botenstoffe und auch Stresshormone ausgeschüttet werden, sind essenziell für den Lernerfolg. Vermutlich ist für das Gehirn eine moderate emotionale „Achterbahnfahrt“ die optimale Voraussetzung für effizientes und erfolgreiches Lernen.

Kurz und lang – Die Sache mit dem Gedächtnis

Bei der Gedächtnisbildung gibt es folgende Zusammenhänge: Im Verlauf der täglichen Ereignisse werden Wahrnehmungen und Bewusstseinsinhalte für einige Zeit im Kurzzeitgedächtnis vorrätig gehalten, beispielsweise ein Name oder eine Telefonnummer, die man sich nur solange merkt, bis man sie gewählt hat – leider verhindern die automatischen Nummernspeicher moderner Telefone dieses Gedächtnistraining. Das Kurzzeitgedächtnis hat eine sehr begrenzte Kapazität, sodass neue Informationen die alten verdrängen, d.h. nur ein kleiner Bruchteil der ständig durch das Kurzzeitgedächtnis ziehenden Inhalte findet einen Weg ins Langzeitgedächtnis.

Die biochemischen Mechanismen der Langzeitspeicherung benötigen mehr als 24 Stunden und sind unserem Bewusstsein nicht zugänglich. Besonders bedeutsam dabei ist, dass die Auswahl der Informationen, die im Langzeitgedächtnis verankert werden, nicht bewusst entschieden wird, sondern mehr indirekten Einflüssen unterliegt. Dafür sind zwei massive Einflüsse bekannt:

- (1) eine starke (positive oder negative) emotionale Beteiligung bei einer neuen Erfahrung, d.h. ihre Erlebnis- und Motivationsfähigkeit;
- (2) die Herstellung eines Zusammenhangs mit anderen, bereits abgespeicherten Informationen, die eine rationale Verknüpfung und eine Einordnung in bereits Bekanntes ermöglicht. Insbesondere diese Assoziationsbildung ist Grundlage für das Faktengedächtnis.

Referenzen zu Kapitel 8

- Astington, Janet W./Pelletier, Janette (1996): The language of mind: Its role in teaching and learning. In: Olson, David R./Torrance, Nancy (Hrsg.): The handbook of education and human development, Oxford: Blackwell, S. 593–620
- Bjorklund, David F./Bering, Jesse M. (2000): The evolved child. Applying evolutionary developmental psychology to modern schooling. In: Learning and Individual Differences, 4. Jg., H. 12, S. 347–373
- Braun, Katharina/Bock, Jörg (2008): Born to learn: juvenile learning optimizes brain function. In: Gruhn, Wilfried/Rauscher, Frances H. (Hrsg.): Neurosciences in music pedagogy. New York
- Damasio, Antonio R. (1998): Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain. New York: Avon
- Dudai, Yadin (2004): The neurobiology of consolidation, or, how stable is the engram. In: American Review Psychology, H. 55, S. 51–86
- Eichenbaum, Howard/Cohen, Neal J. (2001): From conditioning to conscious recollection: Memory systems of the brain. Oxford: Psychology Series
- Elliot, Lise (2000): What's Going on in There? How the Brain and Mind Develop in the First Five Years of Life. New York/London/München: Bantam Verlag
- Frank, M. J./Seeberger, L. C./O'Reilly, R. C. (2004): By carrot or by stick: cognitive reinforcement learning in Parkinsonism. In: Science, H. 306, S. 1940–1943
- Fuster, Joaquin M. (2003): Cortex and mind. Unifying cognition. Oxford: Oxford University Press
- Gruss, Michael/Abraham, Andreas/Schäble, Sandra/Becker, Susann/Braun, Katharina (2010): Cognitive training during infancy and adolescence accelerates adult associative learning: critical impact of age, stimulus contingency and training intensity. In: Neurobiology of Learning and Memory, Nr. 94, H. 3, S. 329–340
- Herrmann Ulrich (2004): Lernen findet im Gehirn statt – Die Herausforderungen der Pädagogik durch die Hirnforschung. Sendung „Aula“ des SWR2 am 29.02.2004, 8.30 Uhr (Transkription des Vortrags)

McGaugh, James L. (Hrsg.): *Memory: Organization and Locus of Change*. New York: Oxford University Press

Schäble, Sandra/Poeggel, Gerd/Braun, Katharina/Gruss, Michael (2007): Long-term consequences of early experience on adult avoidance learning in female rats: role of the dopaminergic system. *Neurobiology of Learning and Memory*, 87. Jg., H. 1, S. 109–122

Scheich, Henning/Braun, Katharina (2009): Bedeutung der Hirnforschung für die Frühförderung. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, H. 157, S. 953–964

Schultz, Wolfram (2006): Behavioral theories and the neurophysiology of reward. In: *Annual Review of Psychology*, H. 57, S. 87–115

Siegel, Daniel J. (1999): *The Developing Mind*. New York: Guilford Press

Singer, Wolf (2002): Was kann ein Mensch wann lernen? In: *Der Beobachter im Gehirn*. Frankfurt am Main, S. 43–59

Singer, Dorothy G./Golinkoff, Roberta M./Hirsh-Pasek, Kathy (Hrsg.) (2006): *Play = learning: How to play motivates and enhances children's cognitive and social-emotional growth*. New York: Oxford University Press

Stark, Holger/Rothe, Thomas/Wagner, Thomas/Scheich, Henning (2004): Learning a new behavioral strategy in the shuttle-box increases prefrontal dopamine. In: *Neuroscience*, H. 126, S. 21–29

Todd, James J./Marois, René (2004): Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. In: *Nature*, H. 428, S. 751–754

9 Der Einfluss von Medien auf die Gehirnentwicklung sowie kognitive und sozioemotionale Kompetenz²

In der letzten Dekade ergaben mehrere Untersuchungen, dass Fernsehen, Videos, Computer- und Videospiele die kindlichen Verhaltensweisen dramatisch beeinflussen. Die genauere Analyse der möglichen Wirkungsweise solcher Medien auf die beteiligten Gehirnsysteme und ihre neuronalen Mechanismen lässt vermuten, dass übermäßiger und unkontrollierter Medienkonsum langfristige Folgen sowohl für die sozioemotionale als auch für die kognitive Entwicklung und Lernfähigkeit von Kindern und Jugendlichen haben können.

Erfahrungsinduzierte epigenetische Mechanismen greifen ganz maßgeblich in die Gehirnentwicklung ein (vgl. Abb. 4 und Kap. 6). Aus dieser Erkenntnis resultiert eine Reihe von Fragen, die sich Entwicklungsbiologen, Entwicklungspsychologen, Psychiater, pädagogische Fachkräfte und Eltern stellen:

- In welcher Weise wird sich das kindliche Gehirn entwickeln, wenn seine Umwelt nur zweidimensional gestrickt ist?
- Was passiert, wenn die Rückmeldungen aus der Umwelt nicht real sind, die Umgebung nicht ganzheitlich mit allen Sinnen wahrgenommen wird und die Auseinandersetzung mit der Umwelt daher für Lernprozesse völlig unbrauchbar ist?
- Was passiert, wenn Szenen und Situationen sobald sie problematisch eskalieren oder gefährlich werden, einfach per Knopfdruck „ausgeschaltet“ werden können, und man die langfristigen Konsequenzen der eigenen Handlungsweise nicht verantworten muss?

² Teile dieses Kapitels sind entnommen aus einem Artikel von Scheich, Henning/Braun, Katharina (2008): Risiken und Nebenwirkungen: Der Einfluss visueller Medien auf die Entwicklung von Gehirn und Verhalten. In: Wernstedt, Rolf/John-Ohnesorg, Marei: *Neue Medien in der Bildung – Lernformen der Zukunft*. Dokumentation der Konferenz des Netzwerk Bildung vom 5. und 6. Mai 2008. Bonn, S. 15–22

- Wie entwickelt sich eine Persönlichkeit, die sich selbst quasi jeden Tag neu „rebooten“ kann, und sich der frustrierte, mit sich selbst unzufriedene, pubertierende Teenager als attraktiv gestyltes Super-Model mit den erträumten „Updates“ virtuell immer wieder neu erschaffen (und optimieren) kann?
- Wenn die Flucht ins virtuelle *second life* endlich die Anerkennung und Erfolgserlebnisse ermöglichen, die im realen *first life* versagt bleiben, wird sich das Gehirn stattdessen über die ständigen irrealen selbstverabreichten Belohnungen den (Dopamin-) Kick geben und sich vom realen, nicht immer so reibungslos verlaufenden und mühsamer zu erarbeitenden sozialen Umfeld verabschieden?

Prägende Wirkungen von Medien?

Vor dem Hintergrund der neurobiologischen Aspekte der Gehirnentwicklung wird verständlich, dass ein quantitativ übersteigter und durch bestimmte Inhalte emotional belastender Medienkonsum im Kindes- und Jugendalter in Abweichung von realen Lebenserfahrungen zu Effekten führen kann, die das spätere Leben eines Individuums in bestimmte Richtung prägen, mit multiplen negativen Konsequenzen für die kognitive und vor allem für die sozioemotionale Entwicklung.

Mit Blick auf mögliche negative Konsequenzen auch eines passiven Konsums visueller Medien (Fernsehen) besteht in unserer modernen Gesellschaft die massive Gefahr einer Verharmlosung. Interessanterweise beruht diese Fehleinschätzung auch auf der unterschiedlichen Tragweite von Informationsverarbeitung im jugendlichen und erwachsenen Gehirn: In der wahrscheinlich korrekten Selbsteinschätzung von „gefestigten“ Erwachsenen hat selbst ein übersteigter Konsum hauptsächlich Unterhaltungswert ohne große Folgen, außer einer Erziehung zur Bewegungs- und Denkfaulheit.

Ein häufig geäußertes Argument ist, dass Kinder bereits sehr gut zwischen *real* und *fiktiv* (d.h. nur auf dem Bildschirm vorhanden) unterscheiden können. Dies ist aber nicht der kritische Aspekt, denn die neurobiologische Forschung zeigt, dass frühe Optimierungen bzw. Fehlsteuerungen der Möglichkeiten an Informationsverarbeitung in Nervenzellnetzen nicht der bewussten Kontrolle unterliegen, sondern vom Erfahrungsangebot abhängen. Der Zusammenhang zwischen dem extensiven Konsum von Videos sowie Computerspielen mit brutalen Inhalten und der Gewaltbereitschaft von Jugendlichen weist darauf hin,

dass bereits eine passive Beschäftigung mit solchen Inhalten langfristige Verhaltensveränderungen induzieren kann. Das heißt, trotz weitgehend fehlendem direktem Feedback vonseiten der realen Umwelt – mit welchem Belohnungs- oder Bestrafungscharakter auch immer – wird die Motivation weiterer Verhaltensplanungen reguliert.

Jahrelanger täglich mehrstündiger TV-Konsum und in der Summe mit zigtausend erlebten Brutalszenen erhöht den Prozentsatz von Jugendlichen, die durch gewaltsames Verhalten auffallen, während die Einschränkung des Medienkonsums bei Schülern zu einer Reduktion aggressiver Verhaltensweisen führt. Dazu kommt noch der nicht zu unterschätzende Belohnungsaspekt des Fernsehkonsums: Sendungen mit vielen Bewegungen, Geräuschen und Klängen wirken gerade auf sehr kleine Kinder attraktiv und faszinierend. Diese natürliche, hier aber auf das Fernsehen und seine Inhalte umgeleitete Neugier dient eigentlich dazu, sich bereits in der Wiege auf die durch die Eltern in einfühlsam angepasster „Dosierung“ und in angemessener Strukturierung angebotenen Anregungen zu fokussieren und dabei erste emotionale Bindungen einzugehen.

Wenn jedoch die Kinder über Stunden ohne elterliche Anwesenheit vor dem Fernseher „geparkt“ werden (Statistiken in den USA sprechen von durchschnittlich vier Stunden pro Tag, die deutschen Statistiken weisen ähnliche Werte auf), kann die Entwicklung sozioemotionaler Kompetenzen verzögert werden und die emotionale Bindung an die Eltern wird sich nicht entwickeln können. Darüber hinaus wird vor dem Fernseher meist noch genascht, sodass diese entspannte Fernsehsituation in vertrauter Umgebung des Kinderzimmers, „ungestört“ durch Erzieher (Eltern, Lehrer), noch einen zusätzlichen „Belohnungseffekt“ erzeugt und damit den Fernsehkonsum (und die einhergehende Verhaltenspassivität) immer weiter verstärkt.

Hinzu kommt, dass bei Kindern hoher Medienkonsum mit Fettleibigkeit korreliert und zu unkontrolliertem Konsumverhalten führen kann. Es gibt außerdem eine, wenn auch noch nicht letztendlich geklärte Debatte darüber, dass die bei übermäßigem Medienkonsum erzeugte motorische Passivität, gepaart mit extrem kurzen und ständig wechselnden Aufmerksamkeitsepisoden beim Fernsehkonsum in Zusammenhang mit dem gehäuftem Auftreten der Aufmerksamkeits-/Hyperaktivitäts-Störung (ADS bzw. ADHD) stehen könnte.

Medienkonsum und kindliche Aufmerksamkeit

Eine Untersuchung von Peter S. Jensen u.a. (1997) kommt zu dem Schluss, dass übermäßiger Medienkonsum die Entwicklung der Gehirnsysteme, die für das schnelle Scannen von Information und den schnellen Wechsel der Aufmerksamkeit zuständig sind, bevorzugt fördert zugunsten der Gehirnsysteme, die die Fokussierung der Aufmerksamkeit steuern. Hier muss man sich klarmachen, was im Gehirn beim Fernsehen bzw. Computerspielen passiert. Dabei wird das Gehirn durch das schnelle visuelle Scannen von Szenen und das Vorbeifluten von akustischen Primitivsprachreizen eher auf hektische Wechsel von kurzen flüchtigen Aufmerksamkeitsperioden trainiert, statt auf problem- oder aufgabenorientierte länger anhaltende Aufmerksamkeitsspannen.

Die schnelle Abfolge von Bildsequenzen aktivieren im Gehirn Orientierungsreaktionen, die Anfang des 19. Jahrhunderts von dem russischen Verhaltensforscher und Nobelpreisträger Ivan Pavlov (1927) entdeckt wurden, und auf die vor allem wir Menschen programmiert sind. Es fällt dem Gehirn daher von Natur aus schwer, sich den schnellen bunten Bildern zu entziehen, was u.a. ja auch sehr erfolgreich im Werbefernsehen genutzt wird. Die externe Kontrolle der kindlichen Aufmerksamkeit steht in starkem Kontrast zur internen Aufmerksamkeitskontrolle, die dann zum Tragen kommt, wenn sich Kinder selbst beschäftigen und spielen. Hierbei sprechen sie oft mit sich selbst, sie explorieren ihre Umwelt und wählen aus den verschiedenen Optionen aus. Das Kind selbst, nicht der Regisseur oder Programmierer der Playstation bestimmt, wie lange sich sein Gehirn mit einer individuellen Aufgabe, Situation oder Verhaltensreaktion befasst und wie Entscheidungen getroffen werden. Nur so können die Aufmerksamkeitssysteme und Impulskontrollsysteme trainiert und optimiert werden.

Auch wenn der Medienkonsum sicherlich nicht die alleinige Ursache (oder vielleicht ja umgekehrt das Resultat) von ADHD darstellt, wird doch vermutet, dass durch exzessiven Medienkonsum das Auftreten dieser Störung gerade bei solchen Kindern begünstigt wird, die hierfür eine entsprechende genetische Prädisposition besitzen. Darüber hinaus könnte die motorische Passivität beim Konsum von Medien eine Ursache der bei ADHD beobachteten motorischen Hyperaktivität sein.

Einfluss von Medieninhalten auf die

Wahrnehmung und die Interaktion mit der Umwelt
Basierend auf den neurobiologischen Erkenntnissen zur erfahrungsgesteuerten Gehirnentwicklung kann man ableiten, wie groß der Einfluss solcher Medieninhalte auf die Wahrnehmung (von sich selbst und der Umwelt) sowie der Interaktion mit der Umwelt sein muss, wenn die Kinder und Jugendlichen sich *interaktiv*, z.B. über Video- oder Computerspiele, damit auseinandersetzen.

Der Zugang zum Gehirn verläuft maßgeblich über die Sinnessysteme: Bei uns Menschen dominiert hierbei das Seh- und Hörsystem, was bei den optisch attraktiven, immer perfekter und realistischer gestalteten Videospielen sowie bei den geschönt perfektionierten *second life*-Umwelten bestens bedient wird. Durch die Beschäftigung mit interaktiven Spielen und virtuellen Welten ist eine noch effizientere Möglichkeit gegeben, bestimmte Verhaltensweisen über ein direktes Feedback, d.h. Belohnung oder Bestrafung, zu manipulieren bzw. das Kind oder den Jugendlichen auf bestimmte Verhaltensweisen zu konditionieren.

Einen mechanistischen Erklärungsansatz liefern Kurzzeit-Experimente, die das Verhalten von Jugendlichen untersuchten, nachdem sie sich zunächst mit gewaltbetonten oder neutralen Computerspielen beschäftigt hatten. Gewaltspieler zeigen anschließend weniger Vermeidungsverhalten gegenüber Bildern mit grausamen oder anderen belastenden Motiven, und in an sich neutralen Gewinner-Verlierer-Spielen neigen sie vermehrt zu aggressiven Strategien gegenüber unterlegenen Mitspielern. Beides weist auf einen sowohl passiven als auch aktiven Gewöhnungseffekt gegenüber Gewalt hin.

Kernspintomographische Studien an männlichen Jugendlichen im Alter von 14 bis 18 Jahren mit einer durchschnittlichen Videospielaktivität von 14 Stunden/Woche zeigten bei der Ausübung eines gewaltmotivierten Abknall-Videos eine *Aktivierung im dorsalen* und eine *Deaktivierung im rostralen anterioren cingulären Cortex* sowie in der *Amygdala*, d.h. in Regionen, in denen nicht nur die Wahrnehmung, Interpretation und Bewertung von emotionalen Reizen stattfindet, sondern die auch für die Regulation der eigenen Emotionalität essenziell sind.

Die Frage nach der Gewalt

Aufgrund der interaktiven Komponente haben Computerspiele mit brutalen Handlungen noch einen weiteren, völlig anderen Zugriff auf bestimmte präfrontale und limbische Gehirnmechanismen als passiver Fernsehkonsum. Bestimmte Regionen des präfrontalen Cortex erzeugen durch ihre Aktivität eine Hemmung unerwünschter Verhaltensmuster, die im Zusammenhang mit der Impulskontrolle stehen. Diese präfrontalen Hemm-Mechanismen entwickeln sich in der Kindheit und Jugend und stellen eine der Grundlagen für die normale Persönlichkeitsreifung dar. Es gibt Hinweise darauf, daß die Aktivität der präfronto-limbischen Gehirnareale und damit ihre Hemmfähigkeit bei gewaltbetonten Computerspielen eingeschränkt sind, was langfristig umso massiver auftreten und sogar chronisch werden kann, je stärker die Biografie von Jugendlichen vorher durch TV und gewaltbetonte Computerspiele bestimmt wurde.

Shinichiro Nagamitsu u. a. (2006) fanden Hinweise darauf, dass bei Erwachsenen und Kindern unterschiedliche neuronale Verbindungen und Gehirnsysteme während der Beschäftigung mit Videospielen beteiligt sind. Während bei erwachsenen Probanden beidseitige Aktivierungen im Präfrontalcortex beim Videospielen zu beobachten sind, zeigte sich bei den jugendlichen Probanden eine beidseitige Deaktivierung in diesem Cortexbereich. Dies legt die Vermutung nahe, dass eine sich ständig wiederholende präfrontale Deaktivierung bei massivem Medienkonsum auf Dauer zu einer chronischen Unterfunktion des Präfrontalcortex führt (die u. a. für ADHD Patienten typisch ist).

Auf neurochemischer Ebene kommt vermutlich dem Nervenbotenstoff Dopamin eine wichtige Rolle beim Medienkonsum zu (vgl. die Darstellung der neuronalen Mechanismen in Kap. 8). Wie bereits ausgeführt, fungiert die Dopaminausschüttung im Präfrontalcortex bei erfolgreichen Problemlösungen als internes Belohnungssystem des Gehirns, das einen motiviert, weiterzumachen. Die Dopaminausschüttung muss bei emotionalen Spielen, die rasch hintereinander Erfolgserlebnisse vermitteln (z. B. Ego-Shooter), zwangsläufig dramatisch ansteigen. Die auf relativ primitive Art ermöglichten Leistungssteigerungen und Erfolgserlebnisse wirken dann wie eine Konditionierung. Ein gefährlicher Effekt dieses Konditionierungslernens im Zusammenhang mit dieser dopaminvermittelten „Belohnung“ ist ohne Zweifel ihr Suchtpotenzial, das neurochemisch über dieselben

Gehirnmechanismen verläuft wie die Wirkung von Kokain, Amphetamin und Ecstasy. Mithilfe der *Positronen Emissions Tomographie* (PET) konnten während der Präsentation von Videospielen Aktivierungen in den stark dopamin-innervierten mesocortikalen Bahnen nachgewiesen werden, also in den Bahnen, die auch durch die oben genannten Drogen aktiviert werden. Interessanterweise zeigten männliche Probanden stärkere Aktivierungen während des Videospiels als weibliche, was vielleicht das höhere Suchtpotenzial für Computer- und Videospiele von Jungen erklären könnte.

Medienwirkungen – Einfluss auf die kognitive Entwicklung und die schulische Leistung

Solche Zusammenhänge zeigen die besondere Wirksamkeit von zwei Faktoren beim Konsum visueller Medien: die *emotionale Ladung der Inhalte* und die *Dauer der Exposition* (oder Dauer der Aktivität bei Spielen), insbesondere die „Dosis“ pro Tag. Dies ist aus Sicht der Hirnforschung nicht erstaunlich, weil es dieselben Faktoren sind, die weitgehend darüber entscheiden, welche der unzähligen verschiedenen Informationen, die tagtäglich durch unser Kurzzeitgedächtnis laufen, dauerhaft im Langzeitgedächtnis abgespeichert werden.

Damit eröffnet sich eine weitere Dimension von möglichen Wirkungen exzessiven Medienkonsums, die weit über Störungen von Hirnreifungsprozessen bei jungen Kindern hinausgeht. Relativ klare Ergebnisse erbrachten Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Fernsehkonsum und schulischen Leistungen: Die Kinder mit dem höchsten Fernsehkonsum zeigen die schlechtesten schulischen Leistungen. Dies kann aus Sicht der Gehirnforschung mehrere Ursachen bzw. Konsequenzen haben:

Fernsehen ist eine weitgehend „hirnlose“ Aktivität, d. h. Bilder und Szenen, Geräusche, Handlungen und deren Konsequenzen werden quasi „vorgekaut“, wenn nicht sogar schon „vorverdaut“. Durch das überwiegend passive Konsumieren wird das Gehirn nicht gezwungen, Situationen realistisch und selbstbezogen zu analysieren, Handlungen zu planen, auszuführen und deren Konsequenzen vorausszusehen und zu tragen. Die beim Medienkonsum erzeugte Passivität verhindert oder unterdrückt die, gerade bei Kindern im Vorschulalter, im Gehirn stattfindende *neuronale* und *synaptische Umstrukturierung*. Noch fataler ist die Vermutung und Befürchtung, dass sich die heranreifenden neuronalen Schaltkreise auf eine

zweidimensionale *virtuelle Welt* optimieren und daher für das *reale Leben* nur noch bedingt brauchbar sind.

Im Kontext der schulischen Erziehung und Bildung ist eine weitere Konsequenz exzessiver Mediengewohnheiten zu bedenken, nämlich dass der unkontrollierte Medienkonsum indirekte Einflüsse auf die Entwicklung von Kindern und Jugendlichen hat, indem durch konkurrierende Informationen (Schulunterricht vormittags – Fernsehen/Computerspiele nachmittags) die Gedächtnisspeicherung beeinträchtigt wird.

Viele der neuronalen Mechanismen der Gedächtnisbildung sind im Gehirn bereits recht gut untersucht und teilweise auch aufgeklärt (vgl. Kap. 7). Es ist offensichtlich, dass insbesondere der interaktive Medienkonsum mit stark emotional wirksamen Inhalten eine bevorzugte Verankerung solcher Informationen bewirkt, die dann in Konkurrenz zu weniger aufwühlenden Erfahrungen (z.B. im Familien- und Schulalltag) treten. Auch im Zusammenhang mit der Reifung emotionaler und moralischer Denk- und Verhaltenskonzeptespielen Lern- und Gedächtnisprozesse eine entscheidende Rolle und auch hierbei kann exzessiver und unkontrollierter Medienkonsum, insbesondere während der ersten Lebensdekade, schädliche Folgen haben.

Das Langzeitgedächtnis lässt sich in ein *deklaratives* (explizites) und *prozedurales* (implizites) Gedächtnis unterteilen. Während das *deklarative* Gedächtnis über das bewusste Abspeichern und Abrufen erfolgt, werden *implizite* oder *prozedurale* Gedächtnisinhalte ohne bewusstes Lernen erworben; zu dieser Kategorie gehören auch die Fähigkeit, emotionale Beziehungen und Bindungen einzugehen, und die Fähigkeit zur Empathie sowie zum moralischem Denken und Handeln.

Wenn jedoch während der frühkindlichen Entwicklungsphasen die dominanten „Sozialpartner“ das *Fernsehen* oder *Computer- und Videospiele* ohne individuell brauchbare Rückmeldung sind, ist leicht ersichtlich, dass sich die (in Kap. 4 dargelegte) Fähigkeit, sich auf eine Bezugsperson einzustellen, nur rudimentär entwickelt werden kann. Durch exzessiven Medienkonsum interagieren die Kinder immer weniger mit ihren Eltern (beispielsweise bei beängstigenden Szenen) und reduzieren damit die *Erfahrung der Inter-subjektivität*. Dieser „prägende“ Lernprozess zum Erwerb der Fähigkeit, eigene Gefühle, Mitgefühl sowie die Fähigkeit, soziale und emotionale Beziehungen aufzubauen, stagniert – das Kind „verstummt“ emotional bis hin zu autistischen Zügen.

Referenzen zu Kapitel 9

- Amen, Daniel (2001): *Healing ADD: The Breakthrough Program That Allows You to See and Heal the 6 Types of ADD*. New York: G.P. Putnam's Sons
- Anderson, Craig/Dill, Karen E. (2000): Video games and aggressive thoughts, feelings and behavior in the laboratory and in life. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, H. 74, S. 772–785
- Armstrong, Thomas (1995): *The Myth of the ADD Child*, New York: Penguin Books
- Böcking, Saskia/Ritterfeld, Ute (2006): Alles „gaga“ oder was? Zum Einfluss elektronischer Medien auf den Spracherwerb. In: *medien + erziehung, Zeitschrift für Medienpädagogik*, 50. Jg., H. 1, S. 33–38
- Borzekowski, D. L. G./Robinson, Trevor (2005): The remote, the mouse, and the No. 2 pencil: The household media environment and academic achievement among third grade students. In: *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, H. 159, S. 607–613
- Bryant, Jennings/Bryant, J. A. (Hrsg.) (2001): *Television and the American family*. 2. bearb. Aufl. Mahwah/ NY: Lawrence Erlbaum Ass.
- Bushman, Brad J./Anderson, Craig A. (2001): Media violence and the American public: scientific facts versus media misinformation. In: *American Psychologist*, 56. Jg., H. 6/7, S. 477–489
- Calvert, Sandra/Jordan, Amy B./Cocking, Rodney R. (Hrsg.) (2002): *Children in the digital age: The role of entertainment technologies in children's development*. New York: Praeger
- Christakis, Dimitri A./Zimmerman, Frederick J./Di Giuseppe, David L./McCarty, Caroline A. (2004): Early television exposure and subsequent attentional problems in children. In: *Pediatrics*, H. 113, S. 708–713
- Funk, J. B. (2005): Children's exposure to violent video games and desensitization to violence. In: *Child and Adolescents Psychiatric Clinics of North America*, H. 14, S. 387–404
- Hancox, Robert J./Milne, Barry J./Poulton, Richie (2005): Association of television viewing during childhood with poor educational achievement. In: *Archives Pediatrics and Adolescent Medicine*, H. 159, S. 614–618

- Jensen, Peter S./Mrazek, David/Knapp, Penelope K./Steinberg, Laurence/Pfeffer, Cynthia/Schowalter, John/Shapiro, Theodore (1997): Evolution and revolution in child psychiatry: ADHD as a disorder of adaptation. In: *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, H. 36, S. 1672–1681
- Johnson, Jeffrey G./Cohen, Patricia/Smailes, Elisabeth M./Kasen, Stefanie/Brook, Judith S. (2002): Television viewing and aggressive behaviour during adolescence and adulthood. In: *Science*, H. 295, S. 2468–2471
- Mathews, Paul V. (2002): Functional magnetic imaging and video play. *Proceedings 8th Annual Meeting of the Radiological Society of North America*
- Mathiak, Klaus/Weber, René (2006): Toward brain correlates of natural behavior: MRI during violent video games. In: *Human Brain Mapping*, 27. Jg., H. 12, S. 948–956
- Nagamitsu, Shinichiro/Nagano, Miki/Yamashita, Yushiro/Takashima, Sachio/Matsuishi, Toyoshiro (2006): Prefrontal cerebral blood volume patterns while playing video games – a near-infrared spectroscopy study. In: *Brain and Development*, 28. Jg., H. 5, S. 315–321
- Robinson, Trevor N./Wilde, M. L./Navracruz, L. C./Haydel, K. F./Varady, A. (2001): Effects of reducing children's television and video game use on aggressive behavior: a randomized controlled trial. In: *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, H. 155, S. 13–14
- Scheich, Henning (2006): Visuelle Medien und unreife Gehirne. In: Meisel, Klaus/Schiersmann, Christiane (Hrsg.): *Zukunftsfeld Weiterbildung*. Bielefeld, S. 223–230
- Scheich, Henning/Braun, Katharina (2008): Risiken und Nebenwirkungen: Der Einfluss visueller Medien auf die Entwicklung von Gehirn und Verhalten. In: Wernstedt, Rolf/John-Ohnesorg, Marei: *Neue Medien in der Bildung – Lernformen der Zukunft. Dokumentation der Konferenz des Netzwerk Bildung vom 5. und 6. Mai 2008*. Bonn: Universitäts-Buchdruckerei, S. 15–22
- Villani, Susan (2001): Impact of media on children and adolescents: a 10-year review of the research. In: *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 40. Jg., H. 4, S. 392–401
- Zimmerman, Frederick J./Christakis, Dimitri A. (2005): Children's television viewing and cognitive outcomes: A longitudinal analysis of national data. In: *Archives of Pediatrics and Adolescents Medicine*, H. 159, S. 619–625

10 Schlussfolgerungen

Lernen in der Kindheit unterscheidet sich vom Lernen bei Erwachsenen darin, dass Erfahrungen und Lernprozesse dazu genutzt werden, die noch unreifen funktionellen Schaltkreise des Gehirns, insbesondere der *präfrontalen* und *limbischen* „Belohnungs“-Systeme zu optimieren. Diesch hierbei vollziehende *Reorganisation synaptischer Netzwerke* folgt einem darwinistischen Auswahlprinzip: „Use it or lose it“, d.h. das Gehirn kann sich nur dann in seiner Leistungsfähigkeit optimieren, wenn ihm in früher Kindheit Leistung abgefordert wird. Dies trifft insbesondere auf den sich spät entwickelnden *Präfrontalcortex* (vgl. Abb. 1 und Abb. 3) sowie auf das *limbische System* zu, die für Lern- und Gedächtnisprozesse essenziell sind. Somit wird das Gehirn schon früh in seiner Funktionalität optimiert (oder bei mangelnder Förderung eben nicht) und bildet damit die *neuronale Basis* für spätere Lernprozesse.

Dies unterstreicht die besondere Bedeutung und die enorme Verantwortung der Erziehung in frühester Kindheit, da sie über diese hirnbioologischen Mechanismen nicht nur die spätere intellektuelle Leistungsfähigkeit, sondern vor allem auch die sozioemotionalen Kompetenzen nachhaltig prägt.

Dass damit verbunden Medienkonsum und Medienmissbrauch das kindliche Gehirn dauerhaft in seiner Funktion und Leistungskompetenz (kognitiv und emotional) verändert, ist wohl kaum mehr spekulativ, auch wenn hierzu noch erheblicher Bedarf an systematischer Forschung besteht.

Die „toxische“ *Mischung der Medien* besteht darin, dass das Gehirn einerseits in seiner Neugier nach attraktiven sensorischen und emotionalen Reizen im Überfluss bedient wird, andererseits jedoch durch die virtuellen Welten der Bezug zur realen Umwelt verloren geht. Somit können sich gerade die sozioemotionalen Regionen des Gehirns in eine defizitäre, für das reale Leben „unbrauchbare“ Richtung entwickeln.

Empfehlungen für die Frühpädagogik aus gehirnbioologischer und pädagogischer Sicht

(1) Die Sicherstellung von adäquaten und für die Gehirnentwicklung notwendigen Informationsangeboten in bestimmten Altersperioden ist zu

gewährleisten, um das individuelle genetische Angebot, innerhalb dessen sich die Reifung des Gehirns vollzieht, optimal und in vollem Umfang zu nutzen.

Eine adäquate Qualität der Angebote in den heutigen Lebenswelten vieler Kinder ist leider keineswegs eine Selbstverständlichkeit (Stichwort Medien, vgl. Kapitel 9) und hängt nicht notwendigerweise vom sozioökonomischen Status der Eltern ab.

(2) Die Möglichkeit, früh erkannte Hirnleistungsschwächen – seien sie angeboren, während der Geburt oder durch Erkrankungen, frühe Vernachlässigung oder Misshandlung entstanden – ist durch eine frühe gezielte Förderung zu verbessern.

Dahinter steht die Erkenntnis, dass bei Ausfällen, insbesondere im Großhirn, das *plastische Potenzial* zur Reorganisation von Nervenzellnetzen in den ersten Lebensjahren dazu rekrutiert werden kann, Funktionen an atypischer Stelle mit zu übernehmen. Diese Fähigkeit zur *Plastizität* und *Kompensation* schränkt sich später im reiferen Gehirn dramatisch ein. Auch wenn wir von „lebenslangem Lernen“ sprechen, ist das Plastizitätspotenzial für Therapiemaßnahmen im erwachsenen Gehirn sehr viel geringer als bei Kindern.

(3) Die langsame Verdrängung von sprachlichen Medien (Hören, Lesen) durch visuelle Medien muss zwangsläufig einen Trainingsverlust für abstraktes Vorstellungsvermögen nach sich ziehen.

Es bedarf keines besonderen Weitblicks, um festzustellen, dass dies bei vielen Jugendlichen und Erwachsenen bereits in vollem Gange ist. Hier müssen dringend pädagogische Gegenmaßnahmen ergriffen werden, wobei sich die Frage erhebt, wie diese gestaltet sein sollten. Dieses Problem kann nicht warten und eine Intensivierung der empirischen und interdisziplinären Forschung ist hierzu erforderlich.

11 Glossar

Amygala („Mandelkern“)

limbische Region, die bei der Emotionsverarbeitung eine wichtige Rolle spielt, und reflexartige Verhaltensreaktionen steuert (z.B. bei Begegnung mit einem unbekannten Objekt oder Lebewesen flüchten).

Axon

Ausläufer der Nervenzellen, der in einer oder mehreren → Synapse(n) endet. Die Übertragung von Signalen von einer Nervenzelle auf eine (oder viele) andere Nervenzellen erfolgt über elektrische Ströme (Aktionspotenzial), die ähnlich wie bei einem „Stromkabel“ am → Axon entlang wandert. An der Synapse löst dieses elektrische Signal die Ausschüttung von Neurotransmittern aus, d.h. es wird in ein chemisches Signal umgewandelt.

Cortex oder Neocortex

Großhirnrinde, eine vor allem beim Menschen besonders ausladend entwickelte Struktur, die nochmals unterteilt werden kann in Bereiche mit unterschiedlicher Funktion, z.B.:

Auditorischer Cortex (Hörrinde),

Visueller Cortex (Sehrinde),

Präfrontaler Cortex (Assoziationsrinde).

Dendriten

Ausläufer der Nervenzelle, auf denen die Synapsen der → Axone anderer Nervenzellen ankoppeln. Das chemische Signal (Neurotransmitter) wird am Dendriten wieder in ein elektrisches Signal umgewandelt, das dann in den Zellkörper und in das Axon weitergeleitet wird, wo es dann wieder an der → Synapse die Transmitterausschüttung auslöst.

Deprivation

Mangel bzw. das völlige Fehlen von sensorischen, motorischen und emotionalen Umweltreizen, der die funktionelle Reifung des → Präfrontalen Cortex und wahrscheinlich auch das gesamte → limbische System in vermutlich negativer Weise beeinflusst.

DNA

Desoxyribonukleinsäure (engl: Desoxynucleic acid); Biomolekül das die Erbinformation, die Gene, trägt.

Epigenetik

Forschungsgebiet in der Biologie, insbesondere in der Krebsforschung, neuerdings aber auch in der Hirnforschung. Es geht um (teilweise sogar vererbare) Veränderungen der Aktivität von Chromosomen, ohne Veränderung der → DNA-Sequenzen. Neben ihrer Beteiligung an neuronalen Vorgängen sind epigenetische Mechanismen vor allem bei der Embryonalentwicklung und bei der Entstehung von Krebstumoren von essenzieller Bedeutung.

Gehirn

Das Gehirn besteht aus zwei Hemisphären (Hirnhälften) und ist aus zwei verschiedenen Zelltypen aufgebaut: → Neurone und → Glia(-zellen).

Glia(-zellen)

„Partnerzellen“ der Nervenzellen, die in anderer, zum Teil noch nicht ganz bekannter Weise an der Informationsübertragung beteiligt sind.

Hippocampus („Seepferdchen“)

eine → limbische Region, die für räumliches Lernen (z.B. die Orientierung in einer fremden Stadt) und für Lern- und Gedächtnisprozesse von Bedeutung ist. Nur in dieser Region werden auch im erwachsenen Gehirn noch (wenige) neue Nervenzellen gebildet.

Limbisches System

ein über → Synapsen miteinander kommunizierendes System verschiedener Hirnregionen, das maßgeblich bei Lernprozessen und bei der Gedächtnisbildung, aber auch bei der Wahrnehmung und beim Entstehen von Gefühlen und gefühlsbetonten Verhaltensweisen beteiligt ist.

Neurone

Nervenzellen, die der Informationsübertragung dienen.

Eine Nervenzelle (Neuron) besteht aus: → Axon und → Soma.

Präfrontalcortex

kommuniziert mit dem limbischen System z.B. dem → Hippocampus und der → Amygdala und übt übergeordnete Interpretations- und Entscheidungsfunktionen aus, die reflexartige Handlungen (Beispiel: flüchten) modifizieren können (z.B. nicht flüchten, weil das Objekt ungefährlich ist – Abgleich mit Vorerfahrung – oder angreifen).

Soma

Zellkörper, in dem ein Zellkern mit dem Erbgut (Chromosomen) sitzt.

Synapsen

Strukturen der Nervenzellen, an denen die Informationen mit anderen Nervenzellen ausgetauscht werden. Hier wird das elektrische Signal in ein chemisches Signal umgewandelt und dem → Dendriten anderer Nervenzellen „mitgeteilt“. Neurotransmitter: Dopamin, Serotonin, Gamma-amino-Buttersäure (GABA) sind chemische Botenstoffe, die bei der Informationsübertragung zwischen → Neuronen an deren → Synapsen mitwirken.

12 Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Links: Vergleich der kortikalen und limbischen Hirnregionen im Gehirn des Menschen (oben) und dem Gehirn der Ratte (unten); Rechts: Dreidimensionale mikroskopische Rekonstruktion einer Nervenzelle	8
Abbildung 2:	Vereinfachte schematische Darstellung der erfahrungsabhängigen synaptischen Reorganisation im Verlauf der Gehirnentwicklung	10
Abbildung 3:	Grafische Zusammenfassung der unterschiedlichen Entwicklungszeitfenster für die synaptische Entwicklung verschiedener kortikaler Regionen im menschlichen Gehirn	12
Abbildung 4:	Vereinfachte Darstellung der Wechselwirkung zwischen genetischer Anlage und Umwelteinflüssen	18

Zur Autorin



Prof. Dr. Anna Katharina Braun

studierte Biologie und Chemie an der *Technischen Universität Darmstadt*; verbrachte einen mehrjährigen Forschungsaufenthalt an der *University of Washington* (Seattle, USA) und ist seit 2001 Direktorin des *Institutes für Biologie* an der *Otto-von-Guericke Universität Magdeburg* sowie Leiterin des Lehrstuhls Zoologie und Entwicklungsneurobiologie. Ihre derzeitigen Forschungsprojekte untersuchen den Einfluss frühkindlicher emotionaler Deprivation und perinataler Stresserfahrung auf die Entwicklung des Gehirns und des emotionalen Verhaltens. Zudem untersucht sie Langzeitkonsequenzen frühkindlicher Lern- und Gedächtnisprozesse auf die Gehirnentwicklung und die Entwicklung kognitiver Kompetenzen.

Die Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF) stellt alle Ergebnisse in Form von Print- und Online-Publikationen zur Verfügung.

Alle Publikationen sind erhältlich unter: www.weiterbildungsinitiative.de

WiFF Expertisen	WiFF Studien	WiFF Wegweiser Weiterbildung	WiFF Kooperationen
Wissenschaftliche Analysen und Berichte zu aktuellen Fachdiskussionen, offenen Fragestellungen und verwandten Themen von WiFF	Ergebnisberichte der WiFF-eigenen Forschungen und Erhebungen zur Vermessung der Aus- und Weiterbildungslandschaft in der Frühpädagogik	Exemplarisches Praxismaterial als Orientierungshilfe für die Konzeption und den Vergleich von kompetenzorientierten Weiterbildungsangeboten	Produkte und Ergebnisberichte aus der Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Partnern und Initiativen im Feld der Frühpädagogik
Zuletzt erschienen	Zuletzt erschienen	Zuletzt erschienen	Zuletzt erschienen
			
Band 25: Inés Brock: Frühpädagogische Fachkräfte und Eltern – Psychodynamische Aspekte der Zusammenarbeit	Band 16: Jan Leygraf: Struktur und Organisation der Ausbildung von Erzieherinnen und Erziehern	Band 4: Frühe Bildung – Bedeutung und Aufgaben der pädagogischen Fachkraft	Band 2: Expertengruppe Berufsbegleitende Weiterbildung: Qualität in der Fort- und Weiterbildung von pädagogischen Fachkräften in Kindertageseinrichtungen
Band 24: Iris Nentwig-Gesemann/Klaus Fröhlich-Gildhoff/Henriette Harms/Sandra Richter: Professionelle Haltung – Identität der Fachkraft für die Arbeit mit Kindern in den ersten drei Lebensjahren	Band 15: Karin Beher/Michael Walter: Qualifikationen und Weiterbildung frühpädagogischer Fachkräfte	Band 3: Zusammenarbeit mit Eltern	Band 1: Autorengruppe Fachschulwesen: Qualifikationsprofil „Frühpädagogik“ – Fachschule/Fachakademie
Band 23: Barbara Gasteiger-Klicpera: Evaluation und Qualitätsentwicklung in der Sprachförderung: Chancen und kritische Aspekte	Band 14: Brigitte Rudolph: Das Berufsbild der Erzieherinnen und Erzieher im Wandel – Zukunftsperspektiven zur Ausbildung aus Sicht der Fachschulleitungen	Band 2: Kinder in den ersten drei Lebensjahren	
Band 22: Tina Friederich: Zusammenarbeit mit Eltern – Anforderungen an frühpädagogische Fachkräfte	Band 13: Katharina Stadler/Fabian Kleeberger: Die Ausbildung von Erzieherinnen und Erziehern aus Sicht der Lehrkräfte	Band 1: Sprachliche Bildung	
Band 21: Angelika Speck-Hamdan: Grundschulpädagogisches Wissen – Impulse für die Elementardidaktik?	Band 12: Michael Ledig: Fort- und Weiterbildung von Lehrkräften an Fachschulen für Sozialpädagogik		

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Robert Bosch **Stiftung**



Deutsches
Jugendinstitut

Bereits vor der Geburt und während der ersten Lebensjahre bestimmen Umwelteinflüsse maßgeblich die Entwicklung des Gehirns. Ein entscheidender Faktor ist die vorschulische Bildung. Neurowissenschaftliche Erkenntnisse darüber, wie sich das Gehirn unter verschiedenen Bedingungen entwickelt und welche Auswirkungen dies auf das Lernverhalten der Kinder hat, ist daher für die Elementarpädagogik und für die Gestaltung und Begleitung der Bildungsprozesse wichtig. Die Autorin zeigt neurobiologische Grundlagen der Gehirn- und Verhaltensentwicklung auf. Sie vermittelt Weiterbildnern und pädagogischen Fachkräften grundlegendes Fachwissen zur Funktionsweise des Gehirns.