

Die einen sagen „Pubertät ist, wenn die Eltern anfangen, schwierig zu werden“. „Es sind alles nur die Hormone“ – sagen die anderen. Die Pubertät ist in jedem Fall das „Alter, in dem die Schule am meisten versagt“, wie es der Pädagoge Hartmut von Hentig (3) so treffend formuliert hat. – Leider! Und er fährt fort: „Alle ernsthaften Menschenbeobachter haben dieser Phase der Entwicklung ihre besondere Aufmerksamkeit geschenkt und fast alle, weil sie Schwierigkeiten bereitet. Es irritiert die Erwachsenen, dass die „Kinder“ plötzlich nicht mehr sind wie bisher.“

Auch Neurobiologen gehören zu diesen irritierten Erwachsenen, die von Berufs wegen die Menschen – und insbesondere deren Gehirne – beobachten. Ihre Aussagen zur Pubertät waren jedoch aus mehrfachen Gründen limitiert: Die modernen Methoden der (funktionellen) Bildgebung waren zunächst nicht für die Erforschung gesunder nicht einwilligungsfähiger Probanden einsetzbar (und sind es hierzulande noch immer nur unter großen Schwierigkeiten). Damit war man letztlich methodisch auf die Untersuchung der Gehirne verstorbener Kinder und Jugendlicher angewiesen, was einerseits zwar durchaus interessante Ergebnisse erbrachte, andererseits jedoch gerade im Hinblick auf die Pubertät sich als wenig ergiebig erwies. Nach den neuroanatomischen Studien von Paul Flechsig (2) war das Gehirn zur Pubertät nämlich bereits „fertig“ entwickelt, die Strukturen und Leitungsbahnen samt deren Myelinisierung waren in diesem Alter makro- und mikroanatomisch mit denen erwachsener Menschen vergleichbar (Abb. 1). Flechsig hielt den Prozess der Entwicklung des Gehirns daher bereits vor der Pubertät für abgeschlossen.

So wundert es nicht, dass man die Phänomene der Pubertät seit der Entdeckung der Geschlechtshormone Östrogen und Testosteron und den 20er- und 30er-Jahren mit diesen in Verbindung brachte, was sich in

## Pubertät im Kopf

dem sprichwörtlichen Diktum „es sind die Hormone“ so mancher edukatorisch frustrierter Eltern niederschlug. Sind es aber wirklich nur die Hormone? – Selbst wenn sie es wären, hätte man damit noch lange

**Die Pubertät auf „die Hormone“ zu schieben, ist erkenntnismäßig etwa so ergiebig, wie die Beantwortung der Frage, wo das Wetter herkommt, mit „von der Sonne“.**

nicht verstanden, wie man sich denn genau den Einfluss eines Steroidmoleküls auf die Stimmung oder das Denken von 13-Jährigen vorzustellen hat. Kurz: Die Pubertät auf „die Hormone“ zu schieben, ist erkenntnismäßig etwa so ergiebig wie die Beantwortung der Frage, wo das Wetter herkommt, mit „von der Sonne“.

Das Gehirn ist bei der Geburt eines Menschen noch nicht voll entwickelt. Beim Neugeborenen wiegt es etwa 350 Gramm,

beim Erwachsenen hingegen 1300 (Frau) bis 1400 (Mann) Gramm. Das Gehirn des Neugeborenen hat also nur etwa ein Viertel des Gewichts und der Größe des Gehirns eines erwachsenen Menschen, obwohl sowohl die Neuronen als auch deren Verbindungsfasern bereits vorhanden sind und nach der Geburt zahlenmäßig kaum zunehmen. Dennoch entwickelt sich das Gehirn nach der Geburt noch deutlich weiter und vervierfacht sein Gewicht. Es ist vor allem Fett, das im Laufe der Entwicklung nach der Geburt das Gehirn so groß werden lässt. Dabei handelt es sich um eine ganze besondere Art von Fett, das *Myelin*, mit dem die Schwann'schen Zellen die Nervenfasern ummanteln (*Myelinisierung*). Myelin wirkt als Isolationsschicht und sorgt dafür, dass Aktionspotenziale nicht mehr langsam entlang einer Nervenfaser *laufen*, sondern schnell entlang der Faser *springen* (*saltatorische Erregungsleitung*). Dadurch steigt die Geschwindigkeit der Impulse entlang



**Abb. 1** Myelinisierung (Darstellung durch Anfärbung von Fett mit einer schwarzen Farbe) der Faserverbindungen kortikaler Areale (2). Links oben im Bild ein Schnitt durch das Gehirn eines Neugeborenen, rechts der Gehirnschnitt von einem Kind im Kindergartenalter und unten ist der Schnitt durch das Gehirn eines Erwachsenen dargestellt. Zum Zeitpunkt der Geburt sind lediglich die primären sensorischen und motorischen Areale myelinisiert, also Hirnrindenbezirke, die für die primäre Verarbeitung von Sehen, Hören und Tasten verantwortlich sind sowie zum Ausführen von Bewegungen gebraucht werden. Damit kann der Säugling erste Erfahrungen machen und reflexhaft reagieren, die Information jedoch noch nicht sehr tief verarbeiten. Später werden sekundäre und noch einmal später tertiäre, supramodale Areale, also vor allem Frontal- und Parietallhirn, mit myelinisierten und damit schnell leitenden Fasern verbunden.

# & Geist & Gehirn

der Nervenfasern von etwa drei Metern pro Sekunde auf bis zu 115 Meter in der Sekunde. Hieraus erklärt sich die enorme Bedeutung der Myelinisierung für die Gehirnfunktion. Die Zeit, die Impulse von einem kortikalen Areal zu einem anderen, sagen wir zehn Zentimeter entfernten Areal benötigen, beträgt bei einer Nervenleitgeschwindigkeit von drei Metern pro Sekunde etwa 30 Millisekunden. Dies mag kurz erscheinen, ist jedoch für eine Informationsverarbeitung im Sinne des kortikalen Ping-Pong (die Information fließt dauernd zwischen Arealen hin und her) sehr lang. Geht dieses Informations-Ping-Pong mit einer Geschwindigkeit von maximal nur drei Metern pro Sekunde, dann geht es im Grunde eben noch gar nicht! Erst die schnelle Fortleitung von Informationen macht deren Verarbeitung im Gehirn überhaupt erst möglich.

Die verglichen mit anderen Primaten sehr stark verzögerte Gehirnreifung beim Menschen wurde lange als Nachteil interpretiert, was sich in die lange Reihe der Interpretationen des Menschen als Mängelwesen (5) oder als Nesthocker, jeweils mit Blick auf den unausgereiften Säugling, gut einreicht. Kern dieser Unausgereiftheit ist das unausgereifte Gehirn, und Kern dieser Unausgereiftheit bei der Geburt ist die noch nicht erfolgte sogenannte „funktionelle Verdrahtung“ kortikaler Areale, insbesondere des Frontallappens.

Computersimulationen neuronaler Netzwerke, die sich eigens mit den Wechselwirkungen von Gehirnreifung und Lernen beschäftigten, warfen jedoch ein ganz neues Licht auf den Sachverhalt der Gehirnreifung nach der Geburt. Man konnte zeigen, dass die Reifung des Gehirns letztlich einen guten Lehrer ersetzt. Der Gedanke ist im Grunde ganz einfach: Wenn wir in der Schule oder an der Universität ein kompliziertes Stoffgebiet lernen (sagen wir: Latein oder Mathematik), dann sorgt der Lehrer oder Professor dafür, dass wir mit einfachen Beispielen beginnen und uns daraus zunächst einfache Strukturen erschließen. Sind diese erst einmal gefestigt, kommen im nächsten Schritt etwas kompliziertere Strukturen „oben drauf“, die man nur dann richtig verstehen kann, wenn man zunächst die einfachen gelernt hat. Und so geht es weiter,

Schritt für Schritt, bis wir ausgehend vom Einfachen hin zum Komplizierten einen insgesamt komplexen Stoff beherrschen.

So lernen wir in der Schule und im Studium. Im Leben jedoch ist die Sache anders: Wir kommen auf die Welt und sind verschiedensten Reizen ausgesetzt, deren Struktur und Statistik („innere Logik“) von ganz einfach bis ganz kompliziert reicht. Die Tatsache nun, dass sich das Gehirn entwickelt und zunächst nur einfache Strukturen überhaupt verarbeiten kann, stellt sicher, dass es zunächst auch nur Einfaches lernt. (Erinnern wir uns: Verarbeiten ist immer auch Lernen). Am Beispiel der Sprachentwicklung sei dieser Gedanke etwas genauer ausgeführt.

Untersuchungen dazu, wie Erwachsene mit Babys und Kleinkindern sprechen, konnten zwar zeigen, dass wir uns einerseits auf den kleinen „Gesprächspartner“ etwas einstellen, dass dies jedoch nicht sehr weit geht. Wenn wir mit Babys reden, verwenden wir Lautmalerei und eine übertriebene Sprachmelodie (wir sprechen modulierter und höher; 6), aber schon mit Kleinkindern reden wir fast wie mit Erwachsenen. Wir gehen keinesfalls systematisch wie ein Lehrer im Sprachunterricht vor. Während des Spracherwerbs ist ein Kind damit einer sprachlichen Umgebung ausgesetzt, die wenig oder gar keine Rücksicht auf seine jeweiligen Lernbedürfnisse nimmt. Wären Kinder auf eine lerngerechte Reihenfolge

**Die verglichen mit anderen Primaten sehr stark verzögerte Gehirnreifung beim Menschen wurde lange als Nachteil interpretiert.**

sprachlicher Erfahrungen angewiesen, so hätte wahrscheinlich keiner von uns je Sprechen gelernt. Warum haben wir dann trotzdem Sprechen gelernt, ganz ohne einen den Stoff systematisch darbietenden Lehrer?

Die Antwort auf diese Frage besteht darin, dass „im Leben“ der Lehrer durch ein reifendes Gehirn ersetzt wird. Noch einmal: Das Problem beim Erlernen komplizierter Strukturen wie beispielsweise der Grammatik besteht darin, dass man sicherstellen muss, dass zunächst einfache Strukturen gelernt werden, dann etwas komplexere und dann noch komplexere. Andernfalls wird

nichts gelernt, wie man nicht nur aus der Schule weiß, sondern auch durch Simulationen lernender Netzwerke nachweisen konnte (8). Kleine neuronale Netzwerke können nur einfache Strukturen in sich repräsentieren, große Netzwerke dagegen auch komplizierte. Ist ein kleines Netzwerk mit einer komplizierten Struktur konfrontiert, dann geht es ihm wie einem mit Integralrechnung konfrontierten Erstklässler: Es wird einfach gar nichts gelernt.

Stellen wir uns nun vor, der Erstklässler erhält im Wechsel jeweils eine Stunde Integralrechnung und dann wieder eine Stunde das kleine Einmaleins. Dann wird er eben das kleine Einmaleins lernen, wahrscheinlich langsamer (denn in jeder zweiten Stunde ist alles so durcheinander), aber eben doch. Ganz allgemein gilt: Wird ein einfaches System mit komplexem Input konfrontiert, so bemerkt es diese Komplexität gar nicht, sondern behandelt den Input, als wäre er völlig zufällig. Gelernt wird unter solchen Umständen – nichts.

Wenn wir mit einem Kind sprechen, dann liefern wir ihm letztlich eine Spracherfahrung, die etwa so aussieht wie der dargestellte etwas eigenartige Mathematikunterricht aus Integralrechnung und Einmaleins. Wir benutzen Zweiwortsätze und Zehnwortsätze, Aussagesätze von Subjekt-Prädikat-Objekt-Struktur und Schachtelsätze beliebig komplexer Struktur, kurz, Einfaches und Kompliziertes. Das Kleinkind bekommt davon genau dasjenige mit, was es verarbeiten kann. Alles andere rauscht an ihm vorbei (was man sehr wörtlich nehmen kann: Im statistischen Sinne ist hohe Komplexität für ein kleines System nichts als strukturloses Rauschen). Da gelernt wird, was verarbeitet wird, lernt das Kleinkind zunächst einfache sprachliche Strukturen. Noch einmal: Dies geschieht nicht, weil ihm zuerst einfache Strukturen beigebracht werden, sondern weil es zunächst nur einfache Strukturen verarbeiten kann. Es sucht sich dadurch automatisch aus dem variantenreichen Input heraus, was es lernen kann.

Hat es erst einmal einfache Strukturen gelernt und reift danach zu etwas mehr Verarbeitungskapazität heran, dann wird es neben diesen einfachen Strukturen zusätzlich etwas komplexere Strukturen als solche auch erkennen, verarbeiten und daher auch

# & Geist & Gehirn

lernen. Da nach wie vor auch einfache Strukturen im Input vorhanden sind, verarbeitet und weiter gelernt werden, kommt es nicht zu deren Vergessen. Es wird vielmehr das Komplexere dazu gelernt und das Einfache gerade nicht vergessen, sondern behalten. So lernt ein Kind zunächst die Frequenzen des akustischen Input, bildet Frequenzkarten aus, dann Karten von zeitlich wechselnden Frequenzmustern (Lauten), dann Zusammenfassungen von Lauten (Silben und Wörter), und dann werden Strukturen, die in diesen Lautmustern stecken bemerkt und gelernt – auf jeweils höheren Schichten.

Die Tatsache der Reifung während des Lernens ist damit nicht hinderlich, sondern überaus sinnvoll: Gerade *weil* das Gehirn reift und gleichzeitig lernt, ist gewährleistet, dass es in der richtigen Reihenfolge lernt. Dies wiederum gewährleistet, dass es überhaupt komplexe Zusammenhänge lernen kann und auch lernt.

Hieraus wiederum ergibt sich (und man konnte es in entsprechenden Computersimulationen nachweisen), dass nur dann, wenn das Gehirn lernt, während es sich entwickelt, überhaupt komplexe Informationsverarbeitung gelernt werden können. Mit anderen Worten: Hätten Sie das Gehirn, das Sie jetzt haben, bereits bei Ihrer Geburt gehabt, hätten Sie wahrscheinlich nie sprechen gelernt!

Die Tatsache, dass unser Gehirn bei der Geburt noch wenig entwickelt ist, erscheint damit aus informationstheoretischer Sicht in einem völlig neuen Licht. Die Gehirnentwicklung nach der Geburt ist kein Mangel, sondern eine notwendige Bedingung höherer geistiger Leistungen. *It's not a bug, it's a feature*, wie die Ingenieure sagen würden.

Fassen wir zunächst zusammen: Das Gehirn des Säuglings ist noch sehr unausgereift. Die beim Menschen im Gegensatz zu anderen Arten daher so auffällige Nachreifung des Gehirns nach der Geburt betrifft insbesondere den frontalen Kortex, in dem bekanntermaßen die höchsten geistigen Fähigkeiten des Menschen (komplexe Strukturen, abstrakte Regeln) repräsentiert sind. Der frontale Kortex ist in die Informationsverarbeitung anderer Hirnteile auf ganz bestimmte Weise eingebunden. Er sitzt über den einfacheren Arealen, hat deren Output

zum Input und bildet auf diese Weise interne Regelmäßigkeiten der neuronalen Aktivität einfacherer Areale noch einmal im Gehirn ab. Er bildet das Arbeitsgedächtnis, das heißt, in ihm ist Information repräsentiert, die unmittelbar relevant ist für das, was jetzt

**Hätten Sie das Gehirn, das Sie jetzt haben, bereits bei Ihrer Geburt gehabt, hätten Sie wahrscheinlich nie sprechen gelernt!**

und hier geschieht. Er kann sehr rasch auf Veränderungen reagieren, indem er von Augenblick zu Augenblick neue Erwartungen bildet und diese mit dem, was geschieht, vergleicht.

Erst im Schulalter werden die verbindenden Fasern vollständig myelinisiert und damit dieser Hirnteil in die zerebrale Informationsverarbeitung vollständig integriert. Hierdurch wird verständlich, warum es den sogenannten Wolfskindern, die ihre Kindheit ohne Sprache verbringen und von denen es leider bis heute immer wieder Beispiele gibt, zeitlebens nicht gelingt, richtig sprechen zu lernen. Es scheint somit im Hinblick auf die Sprachentwicklung eine *kritische Periode* zu geben, während der sie durch Auseinandersetzung mit und Verarbeitung von Sprachinput erfolgen muss. Geschieht dies bis zum etwa 12. oder 13. Lebensjahr nicht, kann Sprache nie mehr vollends gelernt werden.

Die beschriebenen Zusammenhänge zwischen Gehirnreifung und Lernen gelten keineswegs nur für den Bereich der Sprachentwicklung. Vielmehr ist der Erwerb jeder komplexen Fähigkeit mit großer Wahrscheinlichkeit abhängig vom Wechselspiel von Entwicklung (Gehirnreifung) und Lernen. Wir hatten bereits darauf hingewiesen, dass Sprache nicht isoliert von der alltäglichen Lebenswelt gelernt wird, sondern vielmehr in und mit ihr. Andere komplexe Strukturen in dieser Welt, wie beispielsweise soziale Beziehungen, Verhältnisse in der Welt selbst (die Bereiche der uns umgebenden belebten und unbelebten Natur) oder komplexe Zusammenhänge in den Bereichen Kunst und Musik werden, wie die Sprache, von Kindern-in-Entwicklung gelernt. Ganz besonders wichtig werden diese Zusammenhänge bei der moralischen Ent-

wicklung der Persönlichkeit. Werte lernen wir nicht durch Predigen, sondern durch Leben in einer Wertegemeinschaft! Und sie sind so ziemlich das schwierigste, was wir Menschen im Laufe unseres Lebens lernen. (Manche schaffen es nie!) Daher müssen Jugendliche die Gelegenheit erhalten, zu bewerten, zu entscheiden und zu handeln, im Rahmen vorgegebener Strukturen, nicht anders wie bei der Sprachentwicklung. Sie brauchen hierzu Vorbilder und Möglichkeiten des Auslebens. Daher gilt das für das Spiel von Kindern Gesagte auch für Jugendliche: Sie lernen Werte und Tugenden durch Handeln, und nur so. Hierzu müssen sie aber die Gelegenheit haben, müssen also Grenzen gesetzt bekommen und Konflikten ausgesetzt sein und die Chance haben, richtig zu handeln, oder die Konsequenzen falschen Handelns erfahren: „Erziehung muss Gelegenheiten für Bewährung bieten und muss auch die Erfahrung des Scheiterns zulassen“ (9) schreibt Bueb daher zu recht in seiner Monografie über Disziplin und führt auch gleich die typischen Beispiele aus dem heutigen Erziehungsalltag an: Darf der fünfzehnjährige Sohn eine Party besuchen, auf der Alkohol konsumiert wird? Darf die sechzehnjährige Tochter bis spät in die Nacht in die Disco? – Diese Entscheidungen fallen keinem Vater und keiner Mutter leicht, denen das Wohl ihrer Kinder wirklich wichtig ist. Wer hier grundsätzlich auf Verbote setzt, übersieht, dass Jugendliche irgendwann (spätestens mit 18!) schon gelernt haben müssen, Entscheidungen alleine zu treffen, und dies voraussetzt, dass der Erzieher ihnen *vorher* dazu Gelegenheit gab! Daher ist Erziehung immer mit der Abwägung von Risiken verbunden und voller Entscheidungen, deren Wesen es ist, dass sie unterbestimmt sind (sonst wären es keine Entscheidungen, sondern logische Schlüsse) und daneben gehen können.

Die Neurowissenschaft der vergangenen Jahre hat eine Fülle von Befunden auch zur Pubertät ans Licht gebracht (13-16), wenn auch der Wald noch schwer von den Bäumen zu trennen ist: Die Flut der Erkenntnisse ist schwer zu überschauen, und man sehnt sich bei den Daten über die Zunahme und Abnahme von

- Synapsenzahl,
- kortikaler Dichte,

# & Geist & Gehirn

- dem Volumen von grauer oder
  - weißer Substanz
- nach ordnenden Prinzipien.

Fest steht, dass das Gehirn des Menschen um die Zeit der Pubertät herum besonders deutliche Veränderungen erfährt, die insbesondere das Frontalhirn betreffen. Genau hier jedoch liegen die höheren und höchsten geistigen Leistungen wie Planen von Zukunft, Verfolgen langfristiger Ziele, Aufschub kurzfristiger Belohnungen (Hemmen reflexartiger impulsiver Handlungen), kurz: das Wahre, Schöne und Gute, das Spielen und die Freiheit (10-12).

Wie bei jedem Umbau kommt es auch im Gehirn zu Störungen des reibungslosen Ablaufs von Funktionen. Hier ist eine Arbeit des Psychologen McGivern und seiner Mitarbeiter von der San Diego State University (4), die bis heute oft zitiert wird, wenn es um die psychologischen Auswirkungen von „Gehirnremodellierung“ in der Pubertät geht. Die Autoren verwendeten eine Vergleichsaufgabe mit Wörtern und Gesichtern als Wahrnehmungsmaterial. Dieses Material (also die Wörter und Gesichter) entsprachen den emotionalen Kategorien „fröhlich“, „verärgert“, „traurig“ und „neutral“. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, mit Ja oder Nein anzugeben, ob ein Stimulus einer zuvor angegebenen Emotion entsprach. Eine zweite Aufgabe bestand darin, dass eine Wort-Gesicht-Kombination gezeigt wurde und zu entscheiden war, ob die jeweils ausgedrückten Emotionen gleich oder ungleich waren. Wieder war ganz einfach mit Ja oder Nein zu antworten und die Reaktionszeiten wurden gemessen. Die

**Gerade weil das Gehirn reift und gleichzeitig lernt, ist gewährleistet, dass es in der richtigen Reihenfolge lernt.**

Aufgaben waren sehr einfach, sodass sie von Versuchspersonen unterschiedlicher Altersstufen mühelos bewältigt werden konnten.

Ausgewertet wurde die Daten von insgesamt 246 Kindern (122 weiblich) im Alter von zehn bis 16 Jahren sowie von 49 jungen Erwachsenen (26 weiblich) im Alter von 18 bis 22 Jahren. Am interessantesten war der Vergleich der Leistungen im Hinblick auf

das Eintreten der Pubertät: Im Vergleich zum Vorjahr nahmen die Reaktionszeiten mit dem Eintreten der Pubertät um 10 bis 20% zu., das heißt, die Versuchspersonen wurden *langsamer*! Bei Mädchen (mit früherem Beginn der Pubertät) zeigte sich diese Verlangsamung der Reaktionszeiten beim Vergleich des 11. und 12. Lebensjahres, wohingegen diese Verlangsamung bei den Jungen zwischen dem 12. und 13. Lebensjahr zu beobachten war.

Die Autoren bringen ihre Ergebnisse mit Studien zur Gehirnentwicklung, insbesondere mit dem Wachstum und der anschließenden Vernichtung von Synapsen in Verbindung.

„Zusammengefasst zeigen unsere Ergebnisse eine Abnahme der kognitiven Leistungsfähigkeit zu Beginn der Pubertät. Dieses altersabhängige Absinken könnte ein Marker für eine Phasenverlagerung in der Entwicklung (von Synapsen) von der Phase des Wachstums hin zum Einsetzen des Rückgangs sein. Eine Definition der Parameter der kognitiven und emotionalen Prozesse, die dieser Abnahme unterliegen, könnte dabei helfen, die Rolle der Erfahrung bei Prozessen der Synapsen-Vernichtung zu optimieren und damit den Einfluss von Erfahrung auf das kognitive und emotionale Wachstum in der Adoleszenz“ (4).

Die Studie ist von Interesse, weil sie die Erfahrungen, die junge Menschen zu Beginn der Pubertät machen (und die Erfahrungen, die andere mit ihnen machen) auf einen wissenschaftlichen Boden stellt. Wer nur „die Hormone“ anführt (als wisse man damit schon irgendetwas), liegt falsch, denn es ist auch das sich entwickelnde Gehirn, welches in manchen Phasen seines Umbaus offenbar bestimmte Schwächen zeigt. Das angeführte Zitat drückt die Hoffnung aus, dass ein besseres Verständnis der Vorgänge um die Pubertät auch dazu beitragen könnte, diesen Lebensabschnitt für alle Beteiligten fruchtbarer zu gestalten. Wenn man den Entwicklungsprozessen nicht einfach nur ausgeliefert ist, sondern sie kennt, kann man sich zu ihnen bewusst verhalten.

Man braucht nicht viel Fantasie, um sich die Konsequenzen der diskutierten Sachverhalte zu vergegenwärtigen. Erstens: Kinder sind verschieden. Das einzelne Individuum in seiner jeweiligen Besonderheit hat je sei-

ne eigene bestimmte Entwicklung und Lerngeschichte. Dies bedeutet, dass nicht alles für alle gleich gut ist. Gewiss, sich entwickelnde Gehirne sorgen in gewisser Weise selbst für geeigneten Input, aber durch Synchronisation von Reifung und angebotener Lernerfahrung ist im Einzelfall sicherlich noch viel zu verbessern, gerade vor dem

**Werte lernen wir nicht durch Predigen, sondern durch Leben in einer Wertegemeinschaft!**

Hintergrund anzunehmender Umbau-bedingter Störungen, und von Menschen mit spezifischen Behinderungen einmal gar nicht zu reden.

Zweitens: Das Zusammenspiel von Reifung und Lernen wirft ein helles Licht auf die sogenannten kritischen Perioden, Entwicklungsfenster oder sensitiven Phasen. Mit diesen in der Entwicklungsneurobiologie sehr wichtigen Begriffen werden Zeitabschnitte bezeichnet, in denen bestimmte Erfahrungen gemacht werden müssen, damit bestimmte Fertigkeiten bzw. Fähigkeiten erworben werden. Kommt es nicht dazu, werden diese Fertigkeiten bzw. Fähigkeiten zeitlebens nicht mehr gelernt. In ähnlicher Weise, wie es für das binokuläre Sehen wichtig ist, dass bis etwa zum fünften Lebensjahr entsprechender Stereo-Input von beiden Augen im visuellen System verarbeitet wird, erscheint es für die Persönlichkeitsentwicklung jedes Menschen wichtig, dass er mindestens bis zum Ende seiner zweiten Lebensdekade in einer Wertegemeinschaft aufwächst, die klare Spielregeln vorgibt. Ebenso wie man nur Sprechen lernt, wenn man in einer Sprachgemeinschaft mit einer klaren Grammatik aufwächst, lernt man nur sich zu benehmen, wenn man in einer Wertegemeinschaft lebt.

Drittens: Die Wissenschaft der kognitiven Entwicklungsneurobiologie ist noch sehr jung. Bis vor wenigen Jahrzehnten herrschten Spekulation und Ideologie, wenn es darum ging, was Kinder und Jugendliche sind, wozu sie in der Lage sind, und wie man mit ihnen umgehen sollte. Soweit diese Spekulationen und Ideologien in unser Erziehungssystem Eingang fanden, wirkten sie sich keineswegs immer günstig auf die nächste Generation aus. Dass die meisten

# & Geist & Gehirn

Menschen dennoch ihre Kindheit und Jugend mitsamt Erziehung und Schule halbwegs überstanden haben, liegt daran, dass junge Menschen erstaunlich robust sind. Sie suchen sich einfach selbst, was sie gerade am besten lernen können. Ihr sich entwickelndes Gehirn stellt einen eingebauten Lehrer dar.

Lassen wir abschließend noch einmal Hartmut von Hentig zu Wort kommen, der Pubertät sehr feinfühlig und tief beschreibt: Die Kinder „werden sich selbst und den anderen unverständlich, sie verlassen die freundliche Abhängigkeit von den Erwachsenen und werden für sie unzugänglich. Es irritiert die Erwachsenen auch, dass die Nun-nicht-mehr-Kinder sich mehr füreinander interessieren als für sie; sie misstrauen dem Einfluss, den die Kinder aufeinander haben und mit dem sie nicht konkurrieren können, ja sie neiden ihnen ihr geheimes Einverständnis. Die Erwachsenen nehmen plötzlich erschrocken ihre eigene Faszination durch die Wesen wahr, die ihnen äußerlich näher kommen und sich gleichzeitig so hartnäckig von ihnen zu entfernen suchen, die sich selbst um einen Preis wirklichen wollen, den sie – abgeklärt oder

abgestumpft – längst nicht mehr zu zahlen bereit sind“ (3).

Helfen wir den kommenden Erwachsenen bei dieser Aufgabe. Die Gehirnforschung hilft uns dabei – vielleicht ein kleines bisschen.

## Literatur

1. Blakemore SJ, Choudhury S. Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2006; 47: 296–312.
2. Flechsig P. Anatomie des menschlichen Gehirns und Rückenmarks auf myelogenetischer Grundlage. Leipzig: Thieme 1920.
3. Hentig Hv. Bewährung. Von der nützlichen Erfahrung, nützlich zu sein. Weinheim: Beltz 2007.
4. McGivern RF, Andersen J, Byrd D, Mutter KL, Reilly J. Cognitive efficiency on a match to sample task decreases at the onset of puberty in children. *Brain and Cognition* 2002; 50: 73–89.
5. Gehlen A. Der Mensch. Seine Natur und seine Stellung in der Welt. Tübingen: Klostermann 1978.
6. Spitzer M. Lernen, Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg Spektrum Akademischer Verlag 2002.
7. Giedd JN, Blumenthal J, Jeffries NO, Castellanos FX, LIU H, Zijdenbos A, Paus T, Evans AC, Rapoport JL. Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience* 1999; 2: 859–861, 861–863.
8. Spitzer M. Geist im Netz. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 1996.
9. Bueb B. Lob der Disziplin. Eine Streitschrift. Berlin: List 2006.
10. Spitzer M. Das Wahre, Schöne und Gute. *Nervenheilkunde* 2008; 27: 243–250.
11. Spitzer M. Freiheit – eine gute Idee! *Nervenheilkunde* 2008; 27: 339–341.
12. Spitzer M. Spielen und Lernen. *Nervenheilkunde* 2008; 27: 458–462.
13. Blakemore S-J, Choudhury S. Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 2006; 47: 296–312.
14. Giedd JN, Blumenthal J, Jeffries NO, Castellanos FX, LIU H, Zijdenbos A, Paus T, Evans AC, Rapoport JL. Brain development during childhood and adolescence: A longitudinal MRI study. *Nature Neuroscience* 1999; 2: 861–863.
15. Durston S, Casey BJ: What have we learned about cognitive development from neuroimaging? *Neuropsychologia* 2006; 44(11): 2149–2157.
16. Durston S, Davidson MC, Tottenham NT, Galvan A, Spicer J, Fossella JA, Casey BJ. A shift from diffuse to focal cortical activity with development. *Dev Science* 2006; 9(1): 1–8.

## Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer  
Universitätsmedizin, Abteilung für Psychiatrie III  
Leimgrubenweg 12-14, 89075 Ulm