

EVELINE CRONE

Das pubertierende Gehirn

WIE KINDER
ERWACHSEN WERDEN

Aus dem Niederländischen
von Bärbel Jänicke

DROEMER



Die Originalausgabe erschien 2008 unter dem Titel »Het puberende
brein« bei Uitgeverij Bert Bakker, Amsterdam.

Besuchen Sie uns im Internet:
www.droemer.de



Vollständige Taschenbuchausgabe März 2016
Droemer Taschenbuch
© 2008 by Eveline Crone
© 2011 der deutschsprachigen Ausgabe by Droemer Verlag
Ein Imprint der Verlagsgruppe
Droemer Knaur GmbH & Co. KG, München
Alle Rechte vorbehalten. Das Werk darf – auch teilweise – nur mit
Genehmigung des Verlags wiedergegeben werden.
Lektorat: Sabine Wünsch
Covergestaltung: NETWORK! Werbeagentur GmbH
Coverabbildung: plainpicture/NTB scanpix
Satz: Adobe InDesign im Verlag
Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck
ISBN 978-3-426-30094-7

Inhalt

1 Das adoleszente Gehirn in Bewegung	7
Was ist mit den Teenagern los?	7
Was versteht man unter Adoleszenz?	13
Hormone außer Rand und Band	17
Ständiger Jetlag	25
Entwicklung zu einem erwachsenen Mitglied der Gesellschaft	27
Der Aufbau des Gehirns	33
Ein Blick unter die Schädeldecke	41
2 Das lernende Gehirn	45
Die Entstehung der Educational Neuroscience	45
Der frontale Kortex: Die Steuerung der kognitiven Fähigkeiten	47
Arbeitsgedächtnis: Aus den Augen, aus dem Sinn? .	56
Hemmung: Rechtzeitig stoppen	62
Flexibilität und Planung: Schnelle Anpassung an ein sich wandelndes Umfeld	70
Rechnen: Mit Zahlen zaubern	76
Sprache: Timing ist wichtig	79
Zum Schluss: Was macht das Gehirn intelligent? ...	84
Zusammenfassung	89
3 Das emotionale Gehirn	92
Emotionen im adoleszenten Gehirn	92
Das Erkennen primärer Emotionen	96
Die Funktion der Amygdala	98
Amygdala, Gesichter und Adoleszenz	101
Komplexe Emotionen: Komplexe Gehirnsysteme ..	103
Patienten mit Entscheidungsproblemen	106

Glücksspiel im Labor	110
Somatische Marker in der Entwicklung	112
Risiken und gefährliche Entscheidungen: Ein hyperaktives Emotionssystem	115
Die Rolle der Basalganglien beim Gewinnen und Verlieren	116
Hyperaktive Emotionssysteme in der Adoleszenz ..	120
Gute Idee, schlechte Idee?	125
Zum Schluss: Frühe versus späte Hirnschädigung ..	129
4 Das soziale Gehirn	133
Das Würgespiel	133
Wie verläuft soziale Entwicklung?	137
Das moralische Gehirn	146
Das faire und kooperative Gehirn	151
Das perspektivenübernehmende Gehirn	155
Zum Schluss: Die soziale Entwicklung aus evolutionärer Sicht	163
5 Das kreative Gehirn	166
Flexibles Gehirn, Potenzial im Überfluss!	166
Clevere User	169
Sportskanonen	174
Musikalische Talente	179
Politische Impulsgeber	183
Zum Abschluss	185
Danksagung	187
Quellen	189
Register	203

Das adoleszente Gehirn in Bewegung

Was ist mit den Teenagern los?

Warum kommen Jugendliche in der Pubertät nicht aus den Federn? Warum werden Hausaufgaben immer erst in letzter Sekunde gemacht? Ist es denn so schwierig, realistisch zu planen? Warum müssen sie ohne Helm auf ihren Mopeds rasen oder auf schmalen Brücken mit dem Skateboard ihren Hals riskieren, und warum kommen sie nie pünktlich nach Hause? Jeder weiß, dass es nicht vernünftig ist, so verantwortungslos Risiken einzugehen. Warum ist es nur so schwer durchzurufen, wenn es später wird? Sie können stundenlang mit Freunden und Freundinnen am Telefon hängen, aber nicht mit den Eltern kurz den Tag durchsprechen. Wieso nur?

Diese Fragen wurden mir in den vergangenen Jahren bei meinen Vorträgen zur Funktionsweise des Gehirns von Pubertierenden in Schulen und andernorts immer wieder von Eltern und Lehrern gestellt. Bei diesen Vorträgen stellte sich heraus, dass Eltern von Heranwachsenden manchmal völlig ratlos sind und nicht verstehen können, warum ihr Kind, das früher vergnügt plaudernd am Küchentisch

saß und erzählte, was es in der Schule alles erlebt hatte, sich nun plötzlich in seinem Zimmer einschließt und absolut keine Lust hat, auch nur ein Wort mit ihnen zu wechseln. Es kommt ihnen vor, als hätte das früher so offene Kind eine Metamorphose durchlaufen und läge nun ständig mit seinen Eltern und sich selbst im Clinch.

Eltern werden weniger ins Vertrauen gezogen, Jungen und Mädchen beginnen, sich füreinander zu interessieren, doch jetzt völlig anders als bei ihren Kinderfreundschaften. Alles wird viel komplizierter. Das ist verwirrend für die Eltern, aber vor allem natürlich für den Heranwachsenden selbst. Auch wenn wir alle wissen, dass sich in der Pubertät die Art und Weise, wie Jugendliche über sich, ihre Eltern und andere denken, grundlegend verändert, ist es doch schwer nachzuvollziehen, wie und warum das geschieht, und bleibt es uns oft ein Rätsel, was in ihren Köpfen vor sich geht.

Im Brain & Development Laboratory der Universität Leiden erforschen wir seit einigen Jahren, wie sich das Gehirn in der Adoleszenz verändert. Für diese Studien laden wir Kinder ab acht Jahren, Jugendliche sowie junge Erwachsene bis zu vierundzwanzig Jahren zur Teilnahme an unseren Experimenten ein. Wir lassen sie bestimmte Aufgaben lösen, Computerspiele spielen und stellen Fragen nach ihren Interessen und ihren alltäglichen Aktivitäten. Während sie diese Aufgaben erledigen, machen wir Aufnahmen von ihrem Gehirn. Um zu sehen, wie ihr Gehirn aussieht und wie es arbeitet, während sie die Aufgaben lösen. Wir blicken also direkt unter die Schädeldecke. Die Beobachtungen zeigen uns, wie das Gehirn pubertierender Jugendlicher deren Tun und Denken kontrollieren kann, wie sie planen, ihre Gefühle in den Griff bekommen und Freundschaften schließen.

Diese Beobachtungen eröffnen eine völlig neue Sichtweise auf das Verhalten und die Motivationen von Jugendlichen. Sie verhalten sich anders als Erwachsene, weil ihr Gehirn anders arbeitet. Auf diesem Gebiet erzielt die Wissenschaft riesige Fortschritte, doch in der breiten Öffentlichkeit ist davon leider noch wenig bekannt. Gelegentlich werden Forschungsergebnisse auch zu schnell in der Praxis umgesetzt, was schwerwiegende Folgen nach sich ziehen kann, etwa wenn sie nicht angemessen in die Unterrichtsplanung implementiert werden. In diesem Buch versuche ich, Schritt für Schritt einige unserer neuesten Erkenntnisse darzustellen. Ich beschreibe sie in einer Reihe von Kapiteln, die sich auf die verschiedenen Verhaltensaspekte Jugendlicher, auf ihr lernendes, emotionales, soziales und kreatives Denken beziehen.

Das Buch ist nicht als Elternratgeber für den richtigen Umgang mit Pubertierenden gedacht, es möchte vielmehr zu einem besseren Verständnis des Gehirns Pubertierender und der in ihm ablaufenden Veränderungsprozesse beitragen. Sicherlich wird sich das Verhalten ihres pubertierenden Kindes nicht schlagartig ändern, nachdem Sie das Buch gelesen haben; ein schwieriger Jugendlicher ist nach der Lektüre dieses Buches noch genauso schwierig! Aber vielleicht können Sie danach besser verstehen, warum sich der Teenager so unmöglich benimmt, so unsicher ist oder so schlecht planen kann.

Wenn Jugendliche an einer unserer Untersuchungen teilnehmen, beobachten die Eltern oft verblüfft, wie ihr Kind, das eben noch mit einem Gesicht wie sieben Tage Regenwetter schweigend im Auto saß, zu einem Sonnenscheinchen mutiert und fröhlich mit dem Versuchsleiter plaudert. Für Eltern ist das oft verwirrend. Wieso verändert sich die

Laune ihres Kindes so schlagartig, und warum verhält es sich zu Hause nicht so aufmerksam? Forschern ist diese Reaktion sehr geläufig. Eines unserer wichtigsten Forschungsergebnisse, auf das ich in diesem Buch immer wieder Bezug nehmen werde, ist die Erkenntnis, dass das Gleichgewicht zwischen den Aktivitäten der unterschiedlichen Hirnregionen bei pubertierenden Jugendlichen schnell nach der einen oder anderen Seite kippt. Während man früher nur darüber spekulierte, ob gewisse Hirnregionen bei Jugendlichen noch nicht völlig ausgereift seien, konnten wir nachweisen, dass auch die *Kommunikation* zwischen den Hirnregionen, die bei Jugendlichen in der Pubertät noch nicht optimal abläuft, von Bedeutung ist. Es kann also sein, dass auf der Fahrt zum Labor eine bestimmte Hirnregion dominant ist, bei der Ankunft aber schon eine andere. Kein Wunder, dass Jugendliche in der Pubertät so unberechenbar sind.

Bevor wir über diese Veränderungen des Gehirns sprechen, müssen wir uns zunächst von einem weitverbreiteten Irrtum über die Adoleszenz verabschieden. Fälschlicherweise geht man von der Annahme aus, mit der Jugend sei heute schwerer auszukommen als früher. Doch schon seit Jahrhunderten gelten Jugendliche als leichtsinnig, impulsiv, von Freunden leicht beeinflussbar und ihren Eltern gegenüber respektlos. Denken Sie nur an das klassische Pubertätsdrama *Romeo und Julia*. In dieser Shakespeareschen Liebesgeschichte, die auf einer spätmittelalterlichen Legende beruht, entbrannte Romeo so sehr in Liebe zu Julia, dass er sich trotz der Missbilligung der Eltern weiterhin mit ihr traf. Und die verwegenen Taten, die darauf folgten, hatten nur eines zum Ziel: sich der leidenschaftlichen Liebe hinzugeben. Die Geschichte endet in einem katastrophalen Akt: Julia täuscht ihren Tod vor, um so die Flucht mit Ro-

meo zu ermöglichen. Doch Romeo, der sich offenbar nicht in Julia hineinversetzen kann, denkt, sie sei wirklich tot, und vergiftet sich. Impulsiv und unbesonnen, entspricht er ganz unserer heutigen Vorstellung von der Jugend. Viele denken, dass die Teenager heute größere Probleme verursachen als früher (»Die Jugend von heute hat keinen Respekt mehr vor der Autorität« usw.). *Romeo und Julia* zeigt jedoch, dass das nicht unbedingt zutrifft, denn diesen Verhaltensweisen begegnet man bei Jugendlichen zu allen Zeiten. Ihr unbesonnenes Verhalten kennzeichnet eher eine bestimmte Entwicklungsphase als eine gesellschaftliche Entwicklung.

Oft wird die Adoleszenz nicht als gesonderte, einzigartige Entwicklungsphase wahrgenommen, sondern nur als eine Zeit zwischen Kindheit und Erwachsenenalter, in der die Jugendlichen bockig und ungenießbar sind. Dabei ist die Adoleszenz eine Phase, in der sich das intellektuelle Potenzial, die emotionale Spannweite und die Sensibilität für die Ansichten Gleichaltriger im näheren Umfeld in ganz besonderer Weise verändern. In diesem Buch versuche ich, diese einzigartigen Veränderungen zu beleuchten.

Bis vor kurzem gehörte die Adoleszenz auch in der Forschung zu den Entwicklungsphasen Heranwachsender, die man am wenigsten verstand, doch dann hat sich das rasant geändert: In den letzten zehn Jahren sind wir in großen Schritten zu einem besseren Verständnis dieser speziellen Lebensphase gelangt. Die Anwendung moderner Untersuchungsmethoden ermöglicht es uns heute, das Gehirn in Aktion zu betrachten, was zu spektakulären Erkenntnissen geführt hat.

In diesem Buch möchte ich zeigen, dass die Adoleszenz sehr verständlich wird, wenn man sich die Veränderungen

in der Entwicklung und der Organisation des Gehirns sowie den Einfluss der hormonellen Prozesse auf diese Entwicklung vor Augen führt. Die Veränderungen wirken sich auf die Art und Weise aus, wie Jugendliche (zum Beispiel in der Schule) neu erworbenes Wissen anwenden, mit Emotionen (wie Wut oder Trauer) umgehen und soziale Beziehungen (wie Freundschaften) knüpfen. Die Kommunikation zwischen den verschiedenen Hirnregionen wandelt sich, sie ist nicht mehr breit gefächert, sondern effizient; Nervenbahnen, die früher gewundenen Trampelpfaden gleichen, werden nun zu vierspurigen Schnellstraßen. Aufgrund der Gehirnentwicklung ergeben sich in der Adoleszenz Phasen, in denen Neues leichter gelernt wird, und andere, in denen das besonders schwerfällt. Denken Sie nur an das Lernen einer Fremdsprache oder an sportliche oder musikalische Höchstleistungen. Wenn man jung ist, ist es viel leichter, eine Fremdsprache zu erlernen, und Jugendliche sind physisch oft zu besonderen sportlichen Glanzleistungen in der Lage. Wichtige Wachstumsphasen des Gehirns werden von Veränderungen eines zunehmend anspruchsvolleren sozialen Umfelds beeinflusst. Jugendliche entdecken in der Adoleszenz, wofür sie sich begeistern, eine Popgruppe etwa oder bestimmte Computerspiele, und welche Art Subkultur ihnen am besten entspricht. All diese Veränderungen haben einen großen Einfluss darauf, wie sie sich selbst sehen, wie sie mit anderen umgehen, welche Ziele und Interessen sie verfolgen und wie sie zu Idealen und Prinzipien stehen.

Was versteht man unter Adoleszenz?

Die Adoleszenz lässt sich am besten als eine Übergangsperiode zwischen der Kindheit und dem Erwachsenenalter kennzeichnen. Das Wort Adoleszenz ist von dem lateinischen Verb *adolescere* abgeleitet, das *aufwachsen* bedeutet. Welchen Lebensabschnitt die Adoleszenz beschreibt, wird kulturell unterschiedlich interpretiert. Im Allgemeinen umfasst sie die Jahre zwischen zehn und zweiundzwanzig. In diesem Zeitraum erfährt das Gehirn einen außerordentlichen Wachstumsschub. Besonders in der Organisation des Gehirns ergeben sich in dieser Phase einschneidende Veränderungen.

Es ist wichtig, sich bewusst zu machen, dass sich das Gehirn aus unterschiedlichen Strukturen mit jeweils eigenen Funktionen zusammensetzt. Für eine gute Wahrnehmung ist es beispielsweise unabdingbar, dass der hintere Teil des Gehirns (der visuelle Kortex) richtig funktioniert. Wohingegen verschiedene Formen intelligenten Handelns, wie das Planen und Speichern von Informationen, im vorderen Teil des Gehirns (dem frontalen Kortex) angesiedelt sind. Am Ende dieses Kapitels werden die Funktionen unterschiedlicher Hirnregionen kurz dargestellt.

In den ersten Jahren sind diese Strukturen sehr flexibel. Wenn eine Hirnregion nicht funktioniert, kann eine andere die Aufgaben der geschädigten Region übernehmen. Im Lauf der Entwicklung nimmt diese Flexibilität ab, da die einzelnen Hirnregionen spezifischere Funktionen erhalten. Sie können dann bestimmte Funktionen zwar viel besser erfüllen, sind jedoch nicht mehr so leicht für andere einsetzbar. Ein bekanntes Beispiel für diese Flexibilität stellt die Fähigkeit des Gehirns dar, Ausfallerscheinungen, die

durch Epilepsie oder Unfälle ausgelöst werden, zu kompensieren. Epilepsie – eine Krankheit, die manchmal als »Fallsucht« bezeichnet wird – führt zu einer ungewöhnlichen Entladung der Nervenzellen im Gehirn und damit zu vorübergehender Bewusstlosigkeit. Epilepsieanfälle treten manchmal in einer solchen Häufigkeit und Stärke auf, dass die Betroffenen vollkommen handlungsunfähig werden. In diesen seltenen therapieresistenten Fällen wird in Erwägung gezogen, die Quelle der Anfälle operativ zu entfernen. Bei Erwachsenen kann eine solche Operation – abhängig davon, welche Region geschädigt ist – zu einem Ausfall bestimmter Funktionen führen, wie den Fähigkeiten, zu sprechen oder »kurzfristige« Informationen zu speichern. Bei kleineren Kindern übernehmen andere Gehirnregionen diese Funktionen viel leichter. In den ersten Jahren kann sogar eine Seite der Hirnrinde (der äußeren Schicht des Gehirns, die für komplexe Leistungen wichtig ist) entfernt werden, weil die andere deren Funktionen übernehmen kann. Zwar werden auch hierbei bestimmte Funktionen beeinträchtigt, doch die Einschränkungen fallen bei Kindern wesentlich geringer aus als bei Erwachsenen. Bei Kindern ist die *Plastizität* des Gehirns größer, da es sich noch mitten in einem Wachstumsprozess befindet und dementsprechend eben sehr flexibel ist.

Nicht alle Hirnregionen entwickeln sich gleich schnell. Die Geschwindigkeit, in der sie sich verändern, entscheidet darüber, welche Fähigkeiten Jugendliche in den unterschiedlichen Entwicklungsphasen entfalten. Das Zusammenwirken schneller und langsamer reifender Hirnregionen erklärt viele ihrer typischen Verhaltensweisen. Wenn die für »emotionale Kicks« zuständige Region schon aktiv wird, während sich der Emotionen zügelnde Bereich noch entwickelt, befinden sich Jugendliche kurzzeitig in einer

»Risikophase«, in der sie stärker zu riskanten Aktivitäten tendieren, ohne sie wirklich kontrollieren zu können.

In eine solche Risikophase fiel beispielsweise die unbedachte Entscheidung der fünfzehnjährigen Susanne. Susanne ist ein Mädchen, das gern etwas mit seinen Freundinnen unternimmt und Herausforderungen liebt. Tessa, eine ihrer Freundinnen, ist eine richtige Draufgängerin, und Susannes Eltern wäre es lieber, wenn Susanne nicht mit ihr herumziehen würde. Eines Abends, als die beiden Freundinnen miteinander chatteten, schlug Tessa vor, sich gemeinsam piercen zu lassen. Susanne wusste, dass ihre Mutter von dieser Idee überhaupt nichts hielt, und war unsicher, ob sie das wirklich tun sollte. Doch eines Samstagnachmittags kam sie beim Shoppen mit Tessa an einem Piercing-Laden vorbei. Die beiden betrachteten in der Auslage die unterschiedlichen Stecker und stellten sich vor, wie »cool« es wäre, wenn sie am Montag beide mit einem Piercing in die Schule kämen. Sie beschlossen daher, das Geld, das sie für eine neue Winterjacke bekommen hatten, für ein Piercing auszugeben. Es war aufregend und schmerhaft, aber das Piercing sah super aus. Erst auf dem Heimweg kam es Susanne in den Sinn, dass sie zu Hause nun wohl erklären musste, warum sie das Verbot ihrer Eltern missachtet und das Geld, das für eine neue Jacke gedacht gewesen war, für das Piercing verwendet hat. Als sie vor dem Piercing-Laden gestanden hatte, war bei ihr die Hirnregion, die auf riskante Verhaltensweisen zusteuert, aktiver als diejenige, die sie zum Nachdenken über die Konsequenzen ihres Tuns veranlasst. In diesem Fall führte das Ungleichgewicht zu einer impulsiven Aktion, von der Susannes Eltern alles andere als begeistert waren.

Der berühmte Psychologe Stanley Hall charakterisierte die Adoleszenz schon um 1900 (in Anlehnung an die deutsche *Sturm und Drang*-Bewegung) als eine von *Storm and Stress* geprägte Zeit. Drei Merkmale sind in dieser Phase seiner Meinung nach immer vorhanden: Konflikte mit den Eltern, Stimmungsschwankungen und riskantes Handeln. Diese Vorstellung von *Storm and Stress* hatte einen starken Einfluss auf das Bild, das sich von der Adoleszenz entwickelte. Denn seit dieser Zeit wurde die Adoleszenz endlich als eine einzigartige Lebensphase mit ihren eigenen Problemen und Möglichkeiten anerkannt. Stanley Hall war zudem ein großer Verfechter einer Anpassung der schulischen Situation an die Entwicklung Jugendlicher, was zu seiner Zeit durchaus nicht selbstverständlich war.

Die *Storm and Stress*-Theorie wurde später einigen Korrekturen unterzogen, denn die Praxis zeigte, dass Jugendliche in der Adoleszenz nicht *nur* Kummer und Sorgen haben. Sie sind nicht immer rebellisch, und sie haben nicht ständig Konflikte mit ihren Eltern. Einige Jugendliche geraten sogar kaum mit ihren Eltern aneinander. Die Korrektur war auch nötig, weil manche Wissenschaftler die *Storm and Stress*-Theorie allzu wörtlich genommen hatten. Die Psychoanalytikerin Anna Freud (die Tochter von Sigmund Freud) war davon sogar so angetan, dass sie die These vertrat, *Storm and Stress* sei für eine gesunde Entwicklung *notwendig*. Doch das trifft sicherlich nicht zu. Die Wahrscheinlichkeit aber, dass die Mehrzahl der Jugendlichen in der Adoleszenz *Storm and Stress* erleben, ist sehr hoch. Und wenn es in einem Leben überhaupt zu einer *Storm and Stress*-Phase kommt, dann häufiger in diesem als in jedem anderen Lebensabschnitt.

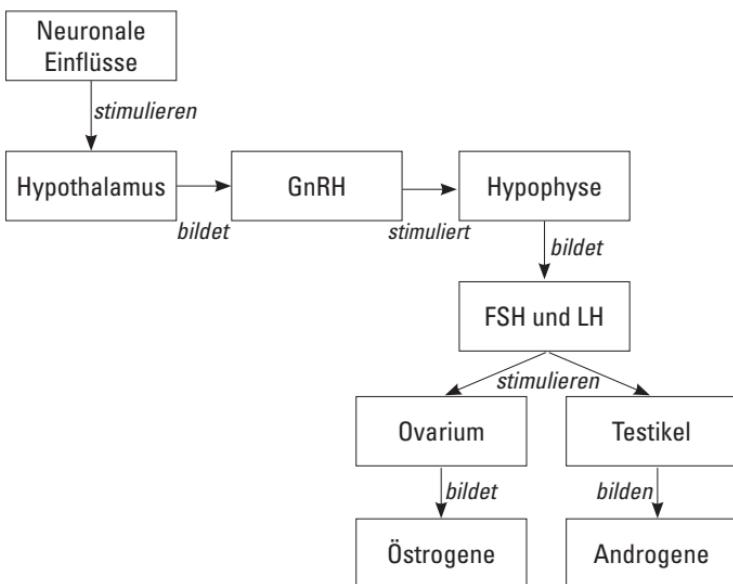
Hormone außer Rand und Band

Pubertät und Adoleszenz werden oft miteinander verwechselt. Sie sind jedoch deutlich voneinander zu unterscheiden: Die Pubertät ist als Phase der sexuellen Reifung ein Teil der Adoleszenz. Sie findet im Alter zwischen zehn und vierzehn Jahren statt, und obwohl sie bei Jungen und Mädchen gleichzeitig einsetzt, sind die äußeren Anzeichen der Pubertät bei Mädchen früher erkennbar. Die Pubertät wird oft als eine schwierige Zeit beschrieben. Das Verb »pubertieren« wird sogar häufig als Synonym für aufmüpfiges Verhalten gebraucht. Dessen ungeachtet ist die Pubertät eine völlig normale Entwicklungsphase, ebenso wie die Kleinkind- und die Kinderzeit. Außerdem lässt sich das Verhalten Jugendlicher in dieser Phase sehr gut anhand der hormonellen Veränderungen und der neuen Verknüpfungen des Gehirns erklären.

Viele Eltern bemerken die Veränderungen ihrer Kinder. Sams Mutter fiel vor kurzem auf, dass ihr Sohn – ein fröhlicher Dreizehnjähriger mit einem großen Freundeskreis – in letzter Zeit oft unsicher wirkt, obwohl er früher nie Schwierigkeiten hatte, neue Freunde zu gewinnen. Er leidet immer stärker unter Pickeln, und hin und wieder überschlägt sich plötzlich seine Stimme. Die Mädchen in seiner Klasse kichern darüber, was ihn noch mehr verunsichert. Er findet das ärgerlich, denn früher war es ihm egal, was die Mädchen von ihm hielten. Er versteht nicht, warum ihn ihr Benehmen plötzlich so befangen macht. Am liebsten wäre es ihm, alles wäre wieder wie früher, deshalb würdigt er die Mädchen keines Blickes, zieht mit seinen Fußballfreunden los und hofft, so seine Unsicherheit in den Griff zu kriegen.

Die mit Abstand bekanntesten biologischen Veränderungen in der Adoleszenz werden von Hormonen beeinflusst. Diese Veränderungen sind wahrscheinlich deshalb so bekannt, weil sie sich so sichtbar auf das Äußere auswirken: Unter dem Einfluss der Hormone verwandelt sich der kindliche Körper in den eines Erwachsenen. Bei Mädchen setzt die Pubertät mit etwa zehn Jahren ein und ist von einer Reihe wichtiger körperlicher Veränderungen geprägt: die Mädchen durchlaufen einen Wachstumsschub, die Brüste entwickeln sich, die Hüften werden breiter, Schamhaare und Achselhaare beginnen zu spritzen, und etwa sechs Monate nach dem Beginn dieser äußerlichen Veränderungen setzt zum ersten Mal die Menstruation ein. Bei Jungen ist der Beginn der Pubertät gewöhnlich etwa ein Jahr später erkennbar. Er geht ebenfalls mit einem Wachstumsschub und dem Spritzen von Scham- und Achselhaaren einher, die Geschlechtsorgane wachsen, die Stimme wird tiefer, außerdem entwickelt sich der Bartwuchs.

Das Einsetzen dieser Veränderungen geht auf die Ausschüttung von Geschlechtshormonen in den endokrinen Drüsen zurück. Diese Drüsen sind durch Blutbahnen permanent mit einer wichtigen Hirnregion, dem Hypothalamus, verbunden und kommunizieren auf diesem Weg mit ihm ständig über die Höhe der Hormonausschüttung. Bei diesem Prozess reguliert der Hypothalamus den Hormonhaushalt; er misst gewissermaßen das Hormonniveau und signalisiert den endokrinen Drüsen die Höhe der erforderlichen Hormonausschüttung. Die vermehrte Ausschüttung des Gonadotropin-Releasing-Hormons (GnRH) signalisiert das Einsetzen der Pubertät. GnRH wird zwar auch vorher schon produziert, jedoch in so geringem Maß, dass es die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale nicht beein-



Der Hypothalamus bildet das Gonadotropin-Releasing-Hormon (GnRH). Das GnRH stimuliert die Hypophyse, die wiederum die gonadotropinen Hormone FSH (follikelstimulierendes Hormon) und LH (luteinisierendes Hormon) produziert. Diese regen das Ovarium und die Testikel zur Produktion von Östrogenen und Androgenen an, die bei Teenagern u. a. eine Veränderung ihres Äußeren bewirken.

flusst. Erst wenn sich Frequenz und Quantität der GnRH-Ausschüttung steigern, setzt die Pubertät ein.

Schwerere Kinder kommen durchschnittlich früher in die Pubertät als leichtere, und in einigen Kulturen setzt die Pubertät früher ein als in anderen. Wir nehmen daher an, dass der Beginn der Geschlechtsreife von der körperlichen Bereitschaft abhängt, in einem Umfeld mit hohen Überlebenschancen Kinder zu gebären. In der westlichen Welt

sank im letzten Jahrhundert das Durchschnittsalter, in dem die körperliche Reife erreicht wurde, eine Tatsache, die möglicherweise mit der Qualität unserer Ernährung und Gesundheit zusammenhängt.

Die Steigerung der GnRH-Ausschüttung wird also von Signalen des Gehirns initiiert, wobei der Hypothalamus über die Blutbahnen ein Signal an die endokrinen Drüsen sendet, die die Ausschüttung auslösen. Die Hormone arbeiten – mit anderen Worten – nicht eigenständig, sondern in Abhängigkeit von den verstärkenden oder hemmenden Signalen des Gehirns. Neben diesen Signalen, die die Entwicklung unseres Körpers steuern, üben die Hormone mittels Kommunikation mit dem Gehirn Einfluss auf unser Fühlen und Denken aus. Sam spürt beispielsweise nicht nur, dass sich sein Körper verändert, er fühlt sich auch anders. Hormone wirken sich hier auf doppelte Weise aus.

Einerseits kann eine Erhöhung des Hormonspiegels dazu führen, dass Zellen in bestimmten Hirnregionen zeitweilig besonders aktiv werden. Dieser hormonelle Einfluss ist jedoch nicht der Pubertät vorbehalten, er besteht auch im Erwachsenenalter. Er kann bewirken, dass wir uns müde und niedergeschlagen fühlen oder besonders gut gelaunt sind.

Andererseits haben Hormone zentrale organisatorische Auswirkungen auf die Hirnentwicklung und sind für die Pubertät durchaus charakteristisch. In der Adoleszenz verändern sich sowohl die Strukturen als auch die Kommunikation zwischen Hirnarealen noch weitreichend. Das Vorhandensein oder Fehlen eines bestimmten Hormons kann sich dabei nachhaltig auf die Gehirnaktivität auswirken. Bei bestimmten Entwicklungsstörungen setzt die Pubertät

bei den betroffenen Kindern nicht ein, weil sich die GnRH-Ausschüttung zu spät erhöht. Dieser Mangel kann mit Hilfe einer Hormonbehandlung behoben werden. Wird das Hormon, das der Körper normalerweise selbst produziert, in der Phase zugeführt, in der die Pubertät üblicherweise einsetzt, werden die intellektuellen Fähigkeiten des Jugendlichen kaum beeinträchtigt. Wird es jedoch nicht oder zu einem viel späteren Zeitpunkt verabreicht, wirkt sich dies zum Beispiel auf die Fähigkeit aus, räumliche Sachverhalte zu organisieren, etwa um sich einen Weg einzuprägen. Die Funktion der räumlichen Informationsverarbeitung wird von einer Hirnregion gesteuert, die im äußeren Bereich des Gehirns liegt, der in der Pubertät noch stark wächst.

Kurz gesagt: Wenn bei Jugendlichen in der Adoleszenz keine hormonelle Umstellung stattfindet (und die Pubertät daher nicht einsetzt), werden sie in bestimmten Bereichen weniger leistungsfähig sein. Zwischen Gehirnfunktionen und Hormonhaushalt besteht also eine wichtige Wechselwirkung: Sie sind aufeinander angewiesen. Wenn das Gehirn den endokrinen Drüsen nicht signalisiert, dass das GnR-Hormon mit seiner Arbeit beginnen soll, beeinträchtigt der damit einhergehende Hormonmangel seinerseits die Entwicklung des Gehirns.

Welchen Einfluss haben diese Hormone denn nun genau auf das Verhalten von Teenagern? Es ist bekannt, dass sich der Körper unter dem Einfluss von GnRH verändert. Diese Veränderungen wirken sich natürlich stark darauf aus, wie Jugendliche sich und andere wahrnehmen. Sam ist sich seines Äußeren nun viel bewusster geworden und achtet stärker darauf, wie sich andere Jungen und Mädchen seines Alters verhalten. Da die Pubertät nicht bei allen im glei-

chen Alter beginnt, unterscheiden sich Jugendliche in ihrem Äußeren zu Anfang der Pubertät stark voneinander. Während manches Mädchen schon kräftig wächst und sich seine Brüste entwickeln, kann ein anderes von körperlichen Veränderungen noch nichts wahrnehmen. Da bei Mädchen das Einsetzen der Pubertät gewöhnlich eher erkennbar ist als bei Jungen, ist ein Entwicklungsunterschied zwischen den Geschlechtern im Alter zwischen zehn und zwölf sehr bezeichnend.

Der Zeitpunkt, zu dem die Pubertät bei Jungen und Mädchen einsetzt, wirkt sich nachhaltig auf ihre soziale Identität aus. Mädchen leiden darunter, wenn sie früh in die Pubertät kommen; sie werden schneller depressiv und haben häufiger Essstörungen als Mädchen mit einer später einsetzenden Pubertät. Bei »frühreifen« Jungen steigt dagegen das Selbstwertgefühl; sie sind angesehener als Jungen, bei denen die Pubertät später beginnt. Worin genau der Grund für diese unterschiedlichen Reaktionen liegt, ist bislang unbekannt. Die vermehrt auftretende Depressivität bei Mädchen könnte unmittelbar auf die Hormone zurückzuführen sein, doch höchstwahrscheinlich ist sie eher eine Reaktion auf die hormonell bedingten Veränderungen. Durch die Hormone wandelt sich der Körper der Mädchen, er wird voller und entfernt sich damit immer weiter von dem in den Medien verbreiteten Schönheitsideal. Eine Sechzehnjährige schreibt auf der Internetseite www.beperkthoudbaar.info (einer interessanten Seite, die das Augenmerk auf die natürliche Schönheit des Körpers lenkt): »Ich bin 1,75 m groß und wiege 70 Kilo, ich bin also absolut nicht zu dick, aber das Fett sitzt an den verkehrten Stellen. Wenn man sich umschaut, sieht man überall schlankes Mädchen in engen Jeans, die ich nicht tragen kann, weil ich sie nicht über meinen Hintern und meine Beine bekom-

me. In meine Klasse gehen drei andere Mädchen, die schlank sind und hübsche Kleider tragen, die mir nicht passen. Ich würde das Fett an meinen Beinen gern spenden, denn ich habe nichts davon, es macht mich nur unglücklich.«

Das zusätzlich eingelagerte Körperfett kann das Selbstbild früh pubertierender Mädchen stark beeinträchtigen. Sie fühlen sich oft unsicher, weil sie zeitweise mehr wiegen als ihre Altersgenossen. Diäten helfen oft nicht und vermitteln damit zusätzlich das unselige Gefühl, versagt zu haben. Bei Jungen wird ein entwickelter Körper hingegen besonders geschätzt, so dass früh pubertierende an Prestige gewinnen.

Die unmittelbaren Auswirkungen der Pubertät verändern auch die sexuellen Interessen, Phantasien und Aktivitäten, die mit dem Alter der Jugendlichen zunehmen. Studien der Rutgers Nisso Groep in Utrecht (www.seksonderje25e.nl) haben ergeben, dass siebenundvierzig Prozent der Heranwachsenden zwischen elf und vierzehn sexuelle Phantasien haben. Fünfzig Prozent hatten mit dreizehn Jahren schon ihren ersten Zungenkuss. Zwölfjährige Jungen haben zwar mit Zungenküssten mehr Erfahrung als Mädchen, aber ab dreizehn ziehen die Mädchen schnell nach. Mit siebzehn gibt es in dieser Hinsicht keinen Unterschied mehr. Fünfzig Prozent der Jugendlichen geben an, dass sie mit vierzehn einander zum ersten Mal unter der Kleidung gestreichelt und mit sechzehneinhalb nackt miteinander geschmust haben. Die meisten Teenager erleben ihren ersten Koitus im Alter von siebzehn Jahren (Mädchen früher als Jungen). Es ist logisch, dass sie sich aufgrund dieser Veränderungen ihres sexuellen Denkens und Handelns immer stärker an Gleichaltrigen orientieren. Während Gleichaltrige in der Kindheit vor allem als Spielkameraden betrachtet werden, mit denen man etwas unternehmen kann, nehmen sie in der Adoleszenz eine ganz an-

dere Rolle ein. Die Freundschaften werden viel intimer und orientieren sich stärker an Vertrauen und gegenseitiger Wertschätzung.

Neben einem sich neu entwickelnden sexuellen Interesse ziehen hormonelle Veränderungen stärkere Stimmungsschwankungen nach sich. Hormone wirken sich direkt auf die Hirntätigkeit aus und geben den emotionsverarbeitenden Arealen gelegentlich einen kräftigen Schub. Weinen und Lachen liegen da nah beieinander. Ein Effekt, den die Notwendigkeit, sich ständig auf ein wechselndes Umfeld (Zuhause, Schule, Freunde) einzustellen, noch verstärkt. Da können die Emotionen schon einmal überschwappen! Als Susanne mit ihrem neuen Piercing nach Hause kam, war die ausgelassene Stimmung, die sie eben noch mit Tessa geteilt hatte, als sie mit ihren silbernen Neuerwerbungen durch die Stadt stolziert waren, schnell dahin. Ihre Eltern waren enttäuscht, als sie entdeckten, dass Susanne ihr Kleiderbudget für ein Piercing ausgegeben hatte. Woraufhin Susanne in Tränen ausbrach und sich grämte, weil ihre Eltern sich nicht einfach für sie freuen konnten. Ihre Stimmung schlug um wie ein Fähnchen im Wind.

Es ist gut zu wissen, dass das normale Veränderungen sind, die zur Pubertät dazugehören. Zum Erwachsenwerden und zur Entwicklung einer sozialen Identität gehören eben auch Veränderungen des sozialen und des emotionalen Verhaltens. Wenn ein Teenager mit fünfzehn immer noch mit den Kindern in der Straße Fangen spielt, am liebsten mit seinen Eltern unterwegs ist und keine Zeit mit Gleichaltrigen verbringt, ist das ungünstig für seine soziale Entwicklung. Die Entwicklung zu einem vollwertigen Mitglied der Gesellschaft ist ein Prozess mit Höhen und Tiefen, die sich oft auf ein Hirnsystem zurückführen lassen, das schnell aus dem

Gleichgewicht gerät. Die Adoleszenz ist nun einmal eine Phase, in der sich das Gehirn noch mitten in einem Wachstumsprozess befindet und die emotionsregulierenden Regionen des Gehirns das letzte Wort haben (siehe Kapitel 3).

Ständiger Jetlag

Susannes sechzehnjähriger Bruder Dennis hat seit kurzem einen Nebenjob. Er trägt samstagmorgens Zeitungen aus und möchte sich damit seinen Spanienurlaub finanzieren. Obwohl ihm viel daran liegt, sich das Geld für den Urlaub zu verdienen, hat er schon mehrere Samstage nacheinander verschlafen. Er stellt sich sogar zwei Wecker, doch er überhört beide und schläft weiter. An den ersten beiden Samstagen hat ihm seine Mutter aus der Bredouille geholfen. Als ein Anruf kam und gefragt wurde, warum ihr Sohn nicht zur Arbeit gekommen sei, hat sie sich schnell ins Auto gesetzt und ihm bei seinem Zeitungsjob geholfen. So konnte er zum Glück noch rechtzeitig ausliefern. Am dritten Samstag hatte sie jedoch keine Lust mehr, ihn aus den Federn zu holen. Sie war der Meinung, als Sechzehnjähriger müsse er nun selbst die Verantwortung dafür übernehmen, rechtzeitig aufzustehen. Es ist nicht so, dass Dennis nicht aufwachen will, doch er schafft es einfach nicht, rechtzeitig aus dem Bett zu kommen.

Spät zu Bett gehen, morgens schwer wach werden und am Wochenende bis in die Puppen schlafen sind typische Verhaltensweisen, an die sich wohl jeder aus seiner eigenen Teenagerzeit erinnern kann. In der Pubertät schüttet der Körper das Schlafhormon Melatonin immer später aus, wo-

durch sich der Bio- und damit der Schlaf-wach-Rhythmus der Jugendlichen verändern. Kinder werden oft schon am frühen Abend schlafbrig, so dass sie etwa um acht oder neun Uhr müde genug sind, um einzuschlafen. Bei Jugendlichen springt das Einschlafsystem abends jedoch noch gar nicht an, so dass es ihnen oft vor elf oder zwölf Uhr kaum gelingt einzuschlafen, obwohl ihr Körper aufgrund der körperlichen Veränderungen (zum Beispiel eines Wachstumsschubs) in der Pubertät eigentlich mehr Schlaf benötigt. Dadurch geraten Teenager in eine missliche Lage: Abends starren sie manchmal bis Mitternacht an die Decke, und morgens kriegen sie kaum die Augen auf. Das kann manchmal problematisch sein. Dennis hätte es zum Beispiel fast den Job gekostet, weil er immer wieder zu spät zur Arbeit kam.

Weil es Teenagern schwerfällt aufzustehen, entsteht bei morgendlichen Aktivitäten leicht der Eindruck, sie seien Autoritäten gegenüber völlig respektlos. Denken Sie nur an Sportvereine, in denen Wettkämpfe oft früh beginnen und Jugendliche manchmal schon um acht Uhr morgens auf dem Fußballplatz erwartet werden. Gegen solche Terminplanungen begehren Jugendliche auf. Doch hinter dem vermuteten Autoritätsproblem steckt nicht immer eine freie Entscheidung, sondern manchmal schlichtweg ein veränderter Biorhythmus. Denn im Grunde befinden sich Jugendliche während der Pubertät ständig im Jetlag.

Im Durchschnitt brauchen Kinder zehn Stunden Schlaf pro Nacht. Erwachsene fühlen sich gewöhnlich schon nach acht ausgeruht, und Jugendliche benötigen ungefähr neun bis neuneinhalb Stunden. Doch so viel Schlaf bekommen sie fast nie, denn abends können sie nur schwer einschlafen und morgens müssen sie früh zur Schule. So besteht die Gefahr, dass sich bei ihnen ein chronischer Schlafmangel

aufbaut, der sich stark auf ihr Verhalten auswirkt, so dass sie in einen Teufelskreis geraten. Denn wenn man unter Schlafmangel leidet, ist es schwieriger, Informationen zu speichern oder kreativ zu sein. Außerdem kann Schlafmangel die für die Pubertät typischen Stimmungsschwankungen verstärken. In extremen Fällen kann er sogar zu Depressionen führen und das Immunsystem beeinträchtigen.

Im Staat Minnesota in den USA hat man daher mit einem späteren Unterrichtsbeginn experimentiert. Während der Unterricht früher um 7:20 Uhr anfing, beginnt die erste Stunde heute nicht vor 8:30 Uhr. Erste Ergebnisse der Schule zeigen, dass sich die Noten verbessert und die Verhaltensprobleme verringert haben. In den Niederlanden und in Deutschland beginnt der Unterricht an Schulen zu unterschiedlichen Zeiten, nicht selten aber um acht Uhr. Solange ein derart früher Unterrichtsbeginn an der Tagesordnung ist, sollte man den Schlafmangel Jugendlicher wenigstens so gering wie möglich halten und sie zum Beispiel am Wochenende ausschlafen lassen. Bis Mittag zu schlafen ist weder aufsässig noch faul; die Heranwachsenden brauchen den Schlaf einfach, um in der kommenden Woche im Unterricht leistungsfähig zu sein.

Entwicklung zu einem erwachsenen Mitglied der Gesellschaft

Das Alter zwischen zehn und zweiundzwanzig, also eigentlich die gesamte Adoleszenzphase, wird als sozialer Reifeprozess aufgefasst. Bisher wurden einige Charakteristika beschrieben, die das Einsetzen der Pubertät bezie-

hungsweise den Beginn der Adoleszenz (im Alter zwischen zehn und vierzehn) betreffen. Doch danach ist ein Jugendlicher längst nicht erwachsen. Auch in der mittleren und späten Adoleszenzphase (zwischen fünfzehn und achtzehn beziehungsweise neunzehn und zweiundzwanzig) kommt es auf dem Weg zum Erwachsensein noch zu einer Reihe gravierender Veränderungen, die wir auf den Nenner *sozialer Reifeprozess* bringen können.

Zunächst einmal ergeben sich in der Adoleszenz einschneidende Veränderungen der kognitiven Fähigkeiten. Der in der Psychologie gängige Begriff Kognition leitet sich von dem lateinischen Wort *cognoscere* ab, das *wissen* oder *kennen* bedeutet. Die Kognition lässt sich auch als unser »Denkvermögen« beschreiben. Die kognitiven Veränderungen sind zum Beispiel für die schulischen Leistungen von Belang. Jean Piaget, einer der bekanntesten Entwicklungspsychologen, geht in seinem Buch *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde* davon aus, dass wir im Lauf unserer kindlichen Entwicklung nach und nach immer komplexeres Wissen aufnehmen können. Die Steigerung der kognitiven Fähigkeiten hängt mit der Entwicklung der exekutiven Funktionen zusammen. Diese »ausführenden« Funktionen sind für complexes und zielgerichtetes Handeln wichtig. Exekutive Funktionen bestehen aus mehreren Teilprozessen, wie der Fertigkeit, Informationen gedanklich zu speichern, flexibel von einer Regel zu einer anderen zu wechseln und Handlungen rechtzeitig abzubrechen. Die Entwicklung exekutiver Funktionen ermöglicht es uns zunehmend besser, mit Veränderungen in unserem Umfeld umzugehen, mehrere Aufgaben gleichzeitig zu erledigen oder einen Plan neuen Gegebenheiten anzupassen. Jede der exekutiven Funktionen folgt einem eigenen Entwicklungsverlauf. Es ist wichtig zu wissen, dass

sich alle diese Fertigkeiten in der Adoleszenz noch weiterentwickeln und wir erst dann zu überlegten Entscheidungen fähig sind, wenn alle diese Teilkompetenzen zusammenwirken.

Die Adoleszenz ist vor allem eine entscheidende Phase dafür, hypothetisches und kritisches Denken – eine wichtige Teilkompetenz der exekutiven Funktionen – zu erlernen. Ein grundlegendes Merkmal hypothetischen Denkens ist die Fähigkeit, sich in die Lage eines anderen hineinzuversetzen und die Perspektive einer anderen Person einzuschätzen. Im Lauf ihrer Entwicklung können Jugendliche immer besser über Szenarien nachdenken wie »Er denkt, dass sie denkt, dass er denkt, weil er früher dachte ...«. Dafür wirken Teenager zunehmend kritischer und sind jederzeit zu Diskussionen aufgelegt, wenn ihnen etwas nicht passt. Denn sie können Argumente nun besser abwägen und sich zugleich besser in andere hineinversetzen. Welche Hirnregionen für die kognitive Entwicklung maßgeblich sind, thematisiert Kapitel 2.

Die Adoleszenz wird nicht nur von der Entwicklung kognitiver Fähigkeiten geprägt, auch der Umgang mit eigenen Emotionen und deren Bezug zu den Emotionen anderer verändern sich. Jugendliche gewinnen in der Adoleszenz eine neue Sichtweise auf ihr soziales Umfeld. Die Art und Weise, wie sie sich selbst und andere wahrnehmen, wandelt sich.

Nach Auffassung des niederländischen Entwicklungspsychologen Michiel Westenberg durchlaufen Jugendliche in der Adoleszenz mehrere Stadien sozialer Entwicklung, die alle zu ihrem Reifeprozess beitragen. Vier solcher Stadien spielen eine wichtige Rolle. Das erste, das impulsive Stadium, ist durch ein Zusammenspiel von Impulsivität, Abhängigkeit und Folgsamkeit geprägt. Impulsiv geben Ju-

gendliche aggressiven und sexuellen Impulsen nach, gleichzeitig sind sie anderen gegenüber empathisch. In diesem Stadium erwarten Heranwachsende, dass andere sofort auf ihre Wünsche und Bedürfnisse eingehen. Von Eltern und Lehrern erwarten sie, dass diese ihnen deutlich machen, wie sie sich verhalten sollen, und ihnen klar sagen, was erlaubt und was verboten ist. Daher ist ihr impulsives Verhalten in dieser Phase noch leicht korrigierbar.

Das folgende selbstbeschützende Stadium ist von der Fähigkeit zur Selbsthilfe und von opportunistischen Beziehungen geprägt. Die abhängige Haltung des impulsiven Stadiums wird von einer selbstbeschützenden abgelöst, in der sich die Heranwachsenden darum bemühen, ihrer eigenen Impulse Herr zu werden. Verletzte oder angstvolle Gefühle werden oft geleugnet. In dieser Phase überwiegen zumeist hedonistische Ziele, Freundschaften werden in Hinblick auf den eigenen Vorteil geschlossen.

Im anschließenden konformistischen Stadium kommt es zu einem Umbruch, denn diese Phase ist von Anpassung, Gleichheit, Gegenseitigkeit und sozialem Handeln geprägt. Während in den vorangehenden Stadien eine egozentrische Haltung überwog, machen sich Jugendliche im konformistischen Stadium auch die Interessen anderer zu eigen. Im Freundeskreis zeigt man sozial erwünschtes Verhalten und fürchtet Kritik und Ablehnung. Beziehungen beruhen auf Gegenseitigkeit, man muss sich mögen und sich bei gemeinsamen Aktivitäten einig sein.

In der letzten Phase, dem selbstbewussten Stadium, liegt der Akzent auf Individualität, persönlichen Beziehungen und Toleranz. Jugendliche haben in dieser Zeit stärker ihre persönlichen Gefühle und Wünsche im Blick, selbst dann, wenn sie nicht mit dem in Einklang stehen, was innerhalb der Gruppe als wünschenswert gilt. Individualität und



Die Stadien sozial-emotionaler Entwicklung nach Michiel Westenberg.

Wahrhaftigkeit stehen in dieser Phase im Vordergrund, und es ist den Jugendlichen bewusst, dass sie damit auf Ablehnung stoßen können. Die Entscheidung darüber, was richtig ist, hängt vom Einzelnen und von den jeweiligen Umständen ab; daher ist diese Phase von größerer Toleranz und Flexibilität geprägt.

Da die einzelnen Phasen individuell unterschiedlich schnell durchlaufen werden, ist es schwierig, Altersgrenzen für die jeweiligen Stadien anzugeben. Allgemein lässt sich jedoch sagen, dass sich die meisten Kinder in der Altersgruppe zwischen acht und zwölf im impulsiven oder im selbstbeschützenden Stadium befinden, ungefähr mit zwölf nimmt ihre Zahl darin jedoch schnell ab. Im Alter zwischen zwölf und vierzehn wechseln die meisten Jugendlichen vom selbstbeschützenden in das konformistische Stadium. Dieses erreicht seinen Spitzenwert bei Jugendlichen um sechzehn und verliert danach langsam an Bedeutung. Das selbstbe-

wusste Stadium entwickelt sich erst ab sechzehn und steigert sich bis zu einem Alter von einundzwanzig Jahren, bevor es sich stabilisiert. Im Alter zwischen einundzwanzig und fünfundzwanzig befinden sich etwa fünfsieben Prozent aller jungen Erwachsenen im selbstbewussten Stadium.

Mittlerweile wissen wir, dass sich die Funktionsweise und die Organisation des Gehirns während der soeben beschriebenen Phasen weitreichend verändern. Dadurch verstehen wir immer besser, was den Wandel des sozialen und emotionalen Verhaltens in dieser Zeit verursacht. In den folgenden Kapiteln möchte ich diese Veränderungen im Gehirn darstellen und zu einigen Verhaltensweisen Jugendlicher in Beziehung setzen: zu ihren schwankenden schulischen Leistungen (Kapitel 2), ihren heftigen emotionalen Reaktionen und ihren Möglichkeiten (oder Schwierigkeiten), ihre Emotionen zu kontrollieren (Kapitel 3). Darüber hinaus möchte ich aufzeigen, welche Hirnregionen für Freundschaften und Beziehungen bedeutsam sind und wie sich Freundschaften in dieser Zeit verändern (Kapitel 4). Ganz sicher sollte man die Adoleszenz nicht nur als eine Phase jugendlichen Unvermögens ansehen, denn sie ist zugleich eine Zeit einzigartiger Möglichkeiten (Kapitel 5).

Heute können wir diese Veränderungen in einen Zusammenhang mit der Entwicklung des Gehirns setzen. Bis vor zehn Jahren waren wir kaum in der Lage, uns ein Bild von der Entwicklung der Gehirnaktivität zu machen. Natürlich wurde aufgrund von Untersuchungen bei Erwachsenen viel darüber spekuliert, aber die Überlegungen blieben doch nur Mutmaßungen. Wirkliche Messungen der Gehirnaktivität sind erst seit einigen Jahren möglich, und seither haben sich unsere Messmethoden und unser Wissen sprunghaft entwickelt. Nicht umsonst steht die Gehirnfor-

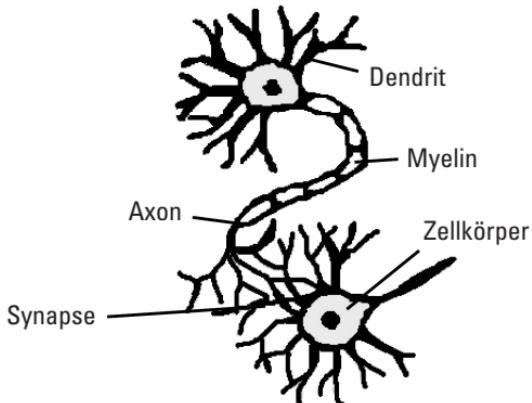
schung in letzter Zeit stark im Mittelpunkt des Interesses. Bevor wir uns den Kapiteln zuwenden, die sich mit dem Gehirn und den Verhaltensweisen Jugendlicher beschäftigen, hier zunächst einige Informationen über den Aufbau des Gehirns und die Verfahren, mit denen sich Gehirnaktivität messen lässt.

Der Aufbau des Gehirns

Das Gehirn, das im oberen Teil des Schädelns liegt, ist ein äußerst komplexes Organ. Es besteht aus zig Milliarden Nervenzellen (Neuronen), von denen jede mit einer Vielzahl anderer Nervenzellen in Verbindung steht. Das Besondere dieser Zellen liegt darin, dass sie sich zu Netzwerken vereinen und miteinander kommunizieren. Zusammen mit dem Rückenmark bildet das Gehirn das zentrale Nervensystem.

Das Gehirn setzt sich aus grauer und weißer Substanz zusammen. Die graue Substanz besteht aus den Zellkörpern von Nervenzellen. Die Nervenzellen setzen Aktionspotenziale (Wellen elektrischer Entladung) frei und übermitteln auf diese Weise Informationen an andere Zellen. Sie werden von Gliazellen (Glia = Leim) unterstützt, die Myelin (eine leitende, isolierende Schutzsubstanz) produzieren, den Erhalt der Struktur gewährleisten und Rückstände entsorgen. Die weiße Substanz besteht aus Axonen (einer Art Fortsatz der Nervenzellen), welche die Nervenzellen über große Distanzen miteinander verbinden.

Das Gehirn ist in unterschiedliche Teile mit jeweils eigenen Funktionen gegliedert. Um mehr über diese Funktio-



Darstellung einer Gehirnzelle, die aus einem Zellkörper, einem Axon und einem Dendriten besteht. Das Axon ist von Myelin, einer leitenden weißen Substanz, umgeben. Signale werden über die Synapsen weitergeleitet, die Aktionspotenziale generieren. Auf diese Weise wird Information von einer Zelle zur anderen weitergegeben.

nen zu erfahren, muss man die Zuständigkeiten der verschiedenen Areale unterscheiden. Das Cerebellum ist die am weitesten hinten gelegene Struktur des Gehirns, die fast wie ein Pilz aussieht. Es ist am Erlernen motorischer Fertigkeiten beteiligt und auch für die Kraft der Motorik von Bedeutung. Die Brücke, ein kleiner Teil ganz am Ende des Rückenmarks, ist die evolutionär älteste Gehirnstruktur. Sie übermittelt Informationen von den höher gelegenen Gehirnregionen zum Cerebellum. Oberhalb der Brücke befindet sich das Mittelhirn, das auch für sensorische und motorische Signale wichtig ist. Vor dem Mittelhirn liegen Thalamus und Hypothalamus. Diese beiden sind für die Steuerung von Hormonen und Körperfunktionen sowie für die Wärme- und Kälteregelung zuständig.