



Dies ist eine Leseprobe von Klett-Cotta. Dieses Buch und unser  
gesamtes Programm finden Sie unter [www.klett-cotta.de](http://www.klett-cotta.de)

**Dr. Nicole Strüber** ist Neurobiologin. Sie ist als Wissenschaftsautorin und Referentin im Rahmen von Vorträgen und Seminaren tätig. Zusammen mit Gerhard Roth veröffentlichte sie das erfolgreiche Sachbuch »Wie das Gehirn die Seele macht«. 2019 erschien ihr Buch »Risiko Kindheit«, 2024 »Unser soziales Gehirn«. Die erfahrene Rednerin zu Themen aus der Hirnforschung ist einem breiten Publikum bekannt.

Nicole Strüber

# Die erste Bindung

Wie Eltern  
die Entwicklung  
des kindlichen  
Gehirns prägen

Klett-Cotta

Klett-Cotta

www.klett-cotta.de

© 2016, 2024 by J. G. Cotta'sche Buchhandlung Nachfolger GmbH,  
gegr. 1659, Stuttgart

Alle Rechte inklusive der Nutzung des Werkes für Text und  
Data Mining i.S.v. § 44b UrhG vorbehalten

Cover: Rothfos & Gabler, Hamburg

unter Verwendung einer Abbildung von © Stocksy/Erin Drago

Gesetzt von Dörlemann Satz, Lemförde

Gedruckt und gebunden von Druckerei C.H.Beck, Nördlingen

ISBN 978-3-608-98799-7

E-Book ISBN 978-3-608-10039-6

Aktualisierte Neuauflage

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der

Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische

Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung: Was wollen wir?</b> .....	11
<b>2</b>	<b>Das Gehirn und das Ich: Ein Überblick</b> .....	19
2.1	Gene und Erfahrungen beeinflussen die Hirnentwicklung .....	24
	Gene und Erfahrungen arbeiten zusammen .....	27
	<i>Gene beeinflussen die Auswirkungen von Erfahrungen</i> .....	29
	<i>Erfahrungen legen fest, welche Gene wirksam werden – die Epigenetik</i> .....	31
2.2	Emotionales Fundament, flexibler Aufbau .....	35
	Die untere limbische Ebene .....	46
	Die mittlere limbische Ebene .....	47
	Die obere limbische Ebene .....	50
	Die kognitiv-sprachliche Ebene .....	52
2.3	Kapitel 2 in Kürze .....	54
<b>3</b>	<b>Erste Schritte in Richtung Persönlichkeit</b> .....	57
3.1	Wie prägen die Gene das Kind? Was bringt das Kind mit? .....	58
	Dopamin-Rezeptor-Gen: Belohnung und Risiko ..	60
	Serotonintransporter-Gen: Angst .....	63
	Oxytocin-Rezeptor-Gen: Bindung und Empathie .	65
3.2	Wie prägt die Schwangerschaft das Kind? .....	67
3.3	Wie prägt das Geschlecht das Kind? .....	74
	Sind Mädchen und Jungen gleich? .....	75
	Was macht Mädchen und Jungen unterschiedlich? .....	77

3.4	Wie prägt die Geburtserfahrung das Kind? . . . . .	88
	Vorbereitung der Geburt und das Grande	
	Finale . . . . .	80
	Medizinische Interventionen . . . . .	93
	Nach der Geburt: Prägung in der Ruhe nach dem Sturm . . . . .	96
3.5	Wie prägt Muttermilch das Kind? . . . . .	100
3.6	Kapitel 3 in Kürze . . . . .	103
<b>4</b>	<b>Das kindliche Gehirn:</b>	
	<b>Wie Bindung die Persönlichkeit reifen lässt . . . . .</b>	<b>107</b>
4.1	Grundsteinlegung: Bildung innerer Modelle von Bindung und Vertrauen . . . . .	113
4.2	Wie beeinflusst Bindung das kindliche Gehirn? . . . . .	122
	Die Bindungsperson wird mit Belohnung assoziiert . . . . .	123
	Das Stresssystem wird gehemmt und das Lernen gefördert . . . . .	129
	Die Haltung zu Bindung wird langfristig geprägt . . . . .	135
	Emotionale und soziale Kompetenz werden gefördert . . . . .	140
	Oxytocin und das soziale Gehirn:	
	Eine Übersicht . . . . .	148
4.3	Temperament und Bindung: Entstehung der kindlichen Persönlichkeit . . . . .	152
	Entstehung des frühen Temperaments:	
	Eine Zusammenfassung . . . . .	154
	Das Temperament beeinflusst den Aufbau der Bindung . . . . .	156
	Das Temperament beeinflusst die Wichtigkeit der feinfühligten Fürsorge . . . . .	159

	Die Bindungsbeziehung prägt die Persönlichkeit . . .	163
	<i>Das Gehirn des sicher gebundenen Kindes</i> . . . . .	164
	<i>Die Persönlichkeit des sicher gebundenen Kindes</i> . . .	169
4.4	Kapitel 4 in Kürze . . . . .	172
<b>5</b>	<b>Das elterliche Gehirn: Auf Bindung eingestellt</b> . . . .	175
5.1	Sind Frauen und Männer unterschiedlich? . . . . .	175
	Welche Bedeutung hat die unterschiedliche Hirnchemie für das Verhalten? . . . . .	178
5.2	Was passiert im Gehirn der Mutter in der frühen Eltern-Kind-Interaktion? . . . . .	183
	Das mütterliche Gehirn wird an die neuen Lebensumstände angepasst . . . . .	184
	Das Kind wird mit Belohnung assoziiert . . . . .	191
	Die Aufmerksamkeit wird auf soziale Aspekte ausgerichtet . . . . .	192
	Das Verständnis und das Mitfühlen von Emotionen werden gefördert . . . . .	194
5.3	Was passiert im Gehirn des Vaters in der frühen Bindungsbeziehung? . . . . .	198
	Väter müssen sich auf das Vatersein einstellen . . . .	200
	<i>Studie über die Anpassung des väterlichen Gehirns</i> . . . . .	201
	<i>Weitere Erkenntnisse über die Anpassung des väterlichen Gehirns</i> . . . . .	205
	Väter fördern die kindliche Erkundung der Umwelt . . . . .	212
5.4	Individuell unterschiedlich: Die Persönlichkeit der Eltern . . . . .	216
	Das Individuum Mutter . . . . .	217
	<i>Die feinfühligste, die zu schnell, und die zu wenig reagierende Mutter</i> . . . . .	220
	Das Individuum Vater . . . . .	223

Engelskreise und Teufelskreise: Von einer Generation an die nächste .....	228
<i>Engelskreise</i> .....	229
<i>Teufelskreise</i> .....	230
5.5 Kapitel 5 in Kürze .....	233
<b>6 Was bedeutet das alles für uns Eltern?</b> .....	235
6.1 Lernen, Eltern zu sein? .....	235
6.2 Kaum eine Kindheit ist perfekt .....	239
6.3 Über schreiende Kinder und verzweifelte Eltern .....	245
Wie geht man mit einem schwierigen kindlichen Temperament um? .....	245
<i>Cosleeping</i> .....	251
Wie geht man mit schwierigen Eltern um? .....	256
6.4 Wer betreut? Die Mutter, der Vater, die Oma oder die Krippe? .....	260
Der Vater .....	261
Die Oma .....	266
Die Krippe .....	268
<i>Qualität der Krippe</i> .....	274
<i>Individuelle Eigenschaften von Mutter und Kind</i> ...	276
Benötigt ein Kind die frühe Krippe, um soziale Kompetenz zu erwerben? .....	279
Benötigt ein Kind die frühe Krippe, um frühe Bildung zu erhalten? .....	283
6.5 Kapitel 6 in Kürze .....	292
<b>7 Ausblick: Das Bedürfnis des Gehirns nach Bindung und die Gesellschaft</b> .....	295
Vereinbarkeit .....	297
Und was sagen die Kinder dazu? .....	299
Kann sich die Gesellschaft Bindung kaufen? .....	301

	Wertschätzung von Fürsorge .....	303
	Mit Toleranz zur Entlastung .....	304
	Väter .....	306
	Von der Wertschätzung zur Veränderung .....	307
<b>8</b>	<b>Anmerkungen</b> .....	<b>309</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>313</b>
	<b>Ein großes Dankeschön</b> .....	<b>335</b>

# 1 Einleitung: Was wollen wir?

Alles beginnt mit einem kleinen roten Streifen auf Weiß. Manchmal ist er auch lila. Aber immer zeigt er sich bereits wenige Sekunden, nachdem wir die Angelegenheit mit der Probenentnahme hinter uns gebracht haben.

Dieser banale kleine Akt verändert alles. Wir wissen nun: Wir sind der Ursprung neuen Lebens. Kaum fassen können wir das. Wir werden Eltern sein! Mutter. Vater. Wie es wohl wird, das Kleine? So wie ich? So wie mein Partner? Wie wird sich mein Leben ändern? Werde ich eine gute Mutter sein? Ein guter Vater? Wir sind aufgeregt und wollen gut vorbereitet sein. Gleich von Anfang an alles richtigmachen. Kaum ist der Teststreifen getrocknet, beginnt es zu rattern. Zumindest für die werdenden Mütter unter uns. Was muss ich bedenken und vor allem, welche Konsequenzen hat es für das Kind, wenn ich etwas bedenke? Oder nicht bedenke? Entscheidungen stehen an, Fragen tauchen auf. Wie muss ich mich in der Schwangerschaft verhalten? Beeinflusst das, was ich tue, mein Kind?

Und werden wir als Eltern nach der Geburt alles bewältigen können? Wir wissen, dass die Fürsorge unseres Babys mehr benötigt als die bloße Nahrungszufuhr und ein wenig Licht und Ruhe. Kinder sind keine Topfpflanzen. Kinder brauchen Liebe. Liebe, Nähe und Zeit. Wie werden wir alles zeitlich managen? Wo stehen wir beruflich? Können wir so weitermachen wie bisher? Oder wird einer zu Hause bleiben? Wenn ja, wer? Aber vielleicht können wir unser Kind ja auch früh in die Krippe geben? Schon bald nach der erstmaligen Betrachtung des rot-lila Streifens drängt sich diese

letzte Frage immer mehr und immer beharrlicher in unser Bewusstsein. Schließlich will das Thema ja bereits während der Schwangerschaft geklärt sein. Der Arbeitgeber möchte es wissen und der Anmeldebogen für die Krippe würde auch schon gerne auf dem Stapel der ersten Eingänge liegen.

Ein wenig Angst haben wir vielleicht auch, vor all dem, was kommt. Was, wenn nicht alles so gut läuft wie geplant? Wenn wir es doch nicht schaffen, uns während der Schwangerschaft den Stress auf Abstand zu halten, die Geburt nicht optimal verläuft, es mit dem Stillen nicht so recht klappen will? Wird dies unser Kind unwiederbringlich negativ beeinflussen? Das wollen wir nicht.

Vielleicht kriegen wir auch ein Schreibaby. Himmel, nein. Kinder schreien, Kinder schlafen schlecht. Zumindest manche. Wir sind nicht die erste Generation, in der Kinder dies so handhaben. Erst hieß es, man dürfe sich keinen kleinen Despoten heranziehen, der bereits im Säuglingsalter die Familie zu tyrannisieren weiß. Heutzutage haben wir mehr Verständnis für die Bedürfnisse des Kindes. Gleichzeitig werden wir aber mit der Notwendigkeit konfrontiert, auf allen Ebenen perfekt zu sein. Perfekte Mutter, lieb und fürsorglich; perfekte Arbeitnehmerin, zuverlässig, wach und strukturiert; perfekte Ehefrau, gutaussehend, rückendeckend und sportlich. Ach ja, kochen sollen wir auch noch können. Und zwar vom Bio-Babybrei bis zum Rindercarpaccio für die Gäste. Und für den Vater gilt all dies inzwischen ebenso. Wo bleibt da das schreiende Kind? Wie lernt ein Kind, vernünftig und im Einklang mit seiner Umwelt zu agieren? Und vor allem wann? Und wie können wir unser Kind darin unterstützen, eine hohe Bindungsfähigkeit aufzubauen und gute Stressbewältigungsstrategien sowie eine hohe soziale Kompetenz zu entwickeln?

All diese Fragen wollen beantwortet sein und hierfür soll

dieses Buch Denkanstöße liefern. Denkanstöße, die auf der aktuellen psychologischen Forschung und der Bindungstheorie beruhen, ebenso wie auf dem Wissen um ein Organ, das all den beschriebenen Fragen, überhaupt jeglichem menschlichen Verhalten, zugrunde liegt: dem Gehirn.

Es wird darum gehen, dass sich diese geheimnisvolle Struktur, die gerne Schokolade mag und sich vor Spinnen fürchtet, die Liebe fühlt und wütend werden kann, aus einem einfachen kleinen Zellhaufen entwickelt. Darum, dass sich das Gehirn während seiner Entwicklung an seine Umwelt anpasst, in einer stetigen Wechselwirkung mit den Genen des dazugehörigen Menschen. Ich werde darauf eingehen, dass es die tief im Gehirn erzeugten Emotionen sind, die über die Ausschüttung chemischer Substanzen unbewusst und mächtig unser Handeln anleiten und deren frühe Prägung unser dauerhaftes emotionales Erleben und unsere spätere Bindungsfähigkeit beeinflusst. All dies in *Kapitel 2*, dem Kapitel über Prinzipien der Hirnentwicklung.

In *Kapitel 3* werde ich die zuvor beschriebenen Prinzipien der Hirnentwicklung mit Inhalten füllen, werde erläutern, wie die Gene, die wir als Mütter und Väter unseren Kindern mitgeben, seine kleine Persönlichkeit beeinflussen und welche Bedeutung vorgeburtliche Erfahrungen dafür haben. Dabei geht es nicht darum, ob das Baby Mozart oder Avicii, Coldplay oder Adele hört, sondern um Stresserfahrungen. Darum, wie Stresshormone vom Blut der Mutter in den Kreislauf des Kindes wandern und dort die kindliche Entwicklung prägen. Es geht auch um die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen und darum, ob es überhaupt Unterschiede gibt und wenn ja, was es ist, das Mädchen mädchenhaft und Jungen jungenhaft macht. Geboren werden sie wiederum alle. Wie das abläuft, ob natürlich oder als geplanter Kaiserschnitt, kann das Baby und sein Temperament

auch langfristig erheblich beeinflussen. Ebenso wie die Muttermilch. Wobei vermutlich nicht nur die Muttermilch selbst von Bedeutung ist, sondern auch das Kuscheln und die Nähe beim Stillen. Denn das Gehirn wird dadurch von einem Stoff überschwemmt, der uns das ganze Buch hindurch begleiten wird: dem Oxytocin.

Eben schwamm das Baby noch im körperwarmen und schützenden Fruchtwasser, nun ist es draußen, in der kalten Welt – für die es eigentlich noch viel zu klein, viel zu schwach und unreif ist. Es braucht Nahrung, Wärme und Liebe, eine sensible und zuverlässige Fürsorge, damit sich die Nervenzellen optimal vernetzen können und das innere chemische Milieu ein ausgewogenes Gleichgewicht findet. Sobald das Baby mobil wird und beginnt, seine Umwelt zu erkunden, benötigt es darüber hinaus ein sicheres Band, das es mit seinen Bezugspersonen verbindet und ihm Schutz und Geborgenheit in der unvorhersehbaren Umwelt gewährleistet. Ist das Band, die Bindungsbeziehung, sicher und stark, versetzt dies das Gehirn in einen optimalen Lernzustand. Stressfrei kann das Baby alles über die Gesetzmäßigkeiten seiner neuen Umwelt lernen. Es lernt, dass Dinge von oben nach unten fallen, wenn man sie loslässt, es lernt, dass sich sein Verhalten innerhalb bestimmter Grenzen bewegen muss, man die gefüllte Salatschüssel nicht einfach loslassen darf, damit sie von oben nach unten fällt. Es lernt seine eigene innere Welt kennen. Es lernt, das große Repertoire menschlicher Emotionen auseinanderzuhalten, zu benennen und zu identifizieren. Und es lernt die Bedeutung des sozialen Miteinanders, von Rücksicht, Empathie und Vertrauen kennen. Es entwickelt sich zu einer emotional stabilen, bindungsfähigen und sozial kompetenten Persönlichkeit. Wie wird all dies im Gehirn realisiert? Welche Substanzen und Netzwerke sind daran beteiligt? Und vor allem: Wie prägen Eltern diese Netzwerke? Darum wird es

in *Kapitel 4* gehen. Aber auch darum, dass manchmal nicht alles so einfach ist.

Nicht immer läuft es so, wie wir es gerne hätten: Wir setzen einen großen Topf auf den Herd, geben eine wunderbare und stressfreie Schwangerschaft hinein, eine natürliche Geburt, erfüllende Still Erfahrungen, eine feinfühlig und aufopfernde Mutter, einen sensiblen und sorgsamen Partner. Wir rühren kräftig um, streuen eine gute Portion Liebe drauf und warten, bis alles gebunden ist. Wann läuft es denn so optimal, nun mal ehrlich? Manchmal kommen Kinder mit einem Temperament auf die Welt, das es den Eltern schwermacht, immer feinfühlig auf die Bedürfnisse des Kindes einzugehen. Oft ist dies der Fall, wenn die Schwangerschaft von erheblichem Stress überschattet und die Geburt dramatisch war. Das Stillen will nicht funktionieren, das Baby schreit ununterbrochen und das eigene Belohnungssystem überlegt vorübergehend, ob eine Tafel Schokolade in der Badewanne nicht einfacher gewesen wäre, als gleich ein Kind zu bekommen. Wenn es auch schwierig ist, scheint es dennoch so zu sein, dass insbesondere diese reizbaren Kinder mehr als andere eine feinfühlig und verlässliche Bezugsperson benötigen. Gelingt es ihnen, eine sichere Bindung aufzubauen, können sich gerade diese Kinder ausgesprochen gut entwickeln.

Die erste, wenn auch nicht die einzige Quelle von Liebe, Schutz und Geborgenheit ist für das Kind zunächst die Mutter. Sie lernt das Kind bereits während der Schwangerschaft kennen, an ihrer Brust wird es gestillt. Im mütterlichen Gehirn ist alles auf die Zeit mit dem Baby vorbereitet. Dort sprudelt es vor Oxytocin. Dieser Stoff hilft ihr, die Signale des Babys zu lesen, mit ihm zu fühlen und angemessen zu reagieren. Doch was passiert genau im weiblichen Gehirn, wenn es zum mütterlichen Gehirn wird? Wie passt sich das Gehirn an die neue Rolle an? Und was ist mit den Vätern? Abgesehen

von dem unglücklichen Umstand, dass Väter rein technisch nicht stillen können, gibt es weitere Unterschiede zwischen Frau und Mann, zwischen Mutter und Vater. Oder gibt es sie nicht? Sind Männer mit ihrem mit Testosteron angereicherteren Blut ebenso gut in der Lage, auf die Bedürfnisse kleiner Kinder einzugehen wie Frauen? Auf diese Fragen werde ich in *Kapitel 5* eingehen. Ich werde erklären, dass sich die Natur für die Väter einen ganz besonderen Mechanismus einfallen lassen hat – der allerdings nicht bei jedem gleich gut funktioniert.

Die Feststellung, dass nicht alle Mütter, nicht alle Väter gleich sind, ist grundsätzlich enorm wichtig. Mütter und Väter werden in ihrem Verhalten und in ihren Fähigkeiten von ihren eigenen Genen und ihren eigenen Erfahrungen geprägt. Dies kann manchmal eine problematische Bedeutung bekommen, nämlich dann, wenn Eltern ihre eigenen Traumatisierungen noch nicht verarbeitet haben oder unter erheblichem chronischen Stress leiden. Oder auch, wenn negative Auswirkungen früher Erfahrungen über epigenetische Mechanismen von einer Generation an die nächste weitergegeben werden. Teufelskreise generationsübergreifender Störungen können entstehen. Glücklicherweise gibt es auch Engelskreise, in denen sich die Fähigkeit zu fürsorglichem und liebevollem elterlichen Verhalten von einer Generation auf die nächste überträgt. Auch dies wird Thema von *Kapitel 5* sein.

Was bedeuten die psychologischen Befunde und die Erkenntnisse aus der Hirnforschung für die Eltern? Für all die zu treffenden Entscheidungen? Wie lange soll die Mama zu Hause bleiben? Oder der Papa? Kann der Vater ein Mutterersatz sein? Wann geben wir unser Kind in die Krippe? Kann eine Krippenbetreuerin ein Mutterersatz sein? Sind Krippen gut für die Kinder, gut, um soziale Kompetenzen zu erler-

nen, um möglichst frühzeitig das Gehirn auf die schwierigen sozialen Manöver vorzubereiten, mit denen es auch später konfrontiert sein wird? Oder benötigt das Baby hierfür seine Mama? Seinen Papa? Uns schwant die tiefgreifende Bedeutung dieser Entscheidungen und wir haben doch nicht lange Zeit, darüber nachzudenken. Um uns herum, das merken wir, gibt es verschiedene Meinungen. Und in uns drinnen, dort, wo die Intuition zu Hause ist, ebenso. Wir wollen doch alles richtigmachen. Für uns, für unsere kleine Familie und für unser Ungeborenes. Kapitel 6 soll mit Denkanstößen aus Hirnforschung und Psychologie die Beantwortung dieser Fragen erleichtern.

Was bedeutet all dies für die Gesellschaft, und auch für die Politik? Darum wird es in einem Ausblick gehen. Dürfen wir uns Eltern überhaupt noch entscheiden, unser Kind *nicht* früh abzugeben? Soll ich als Mutter auf dem seit einigen Jahrzehnten von uns Frauen beschrittenen Weg zur Gleichstellung einfach stehen bleiben, mich auf dem roten Sand der Laufbahn, kurz vor dem Ziel hinsetzen, mit dem Baby auf dem Arm und dem Kochlöffel in der Schürze? Die entgegengesetzte Frage ist: Nehmen wir das kindliche Gehirn und seine Bedürfnisse ernst genug? Die Möglichkeit, unsere Kinder frühzeitig betreuen zu lassen, ist eine Chance für uns Frauen. Aber ist die Gesellschaft darauf vorbereitet? Haben wir genügend Ressourcen, damit dieser Weg den Kindern nicht schadet? Oder ist der derzeitig gegangene Weg zu kurz gedacht, zu übereilt realisiert? Ist es wirklich das, was wir selbst wollen? Wir alle?

Apropos wir alle. Die Einleitung geht an die Adresse der Eltern. Der Rest des Buches aber auch an alle anderen, die mit Kindern zu tun haben, und manchmal mit deren Eltern. Sei es als Oma, Opa, Nachbar oder große Schwester oder auch als Erzieherin, Therapeutin oder Ärztin.

Und auch an alle, die einmal Kinder waren, und sich fragen, warum sie so sind, wie sie sind. Diese Frage kann das Buch zwar nicht beantworten, vielleicht aber den einen oder anderen Impuls zum Nachdenken liefern.

Nun möchte ich aber zunächst das Gehirn vorstellen. All diejenigen, die verstehen möchten, wie sich der Mensch mit seiner individuellen genetischen Ausstattung im Einklang mit seiner Umwelt entwickelt und wie das Gehirn grundsätzlich funktioniert, möchte ich dazu einladen, sich mit den in *Kapitel 2* vorgestellten Prinzipien der Hirnentwicklung vertraut zu machen.

## 2 Das Gehirn und das Ich: Ein Überblick

Es ist beeindruckend: Aus der Vereinigung einer einzigen Eizelle und einer einzigen Samenzelle entsteht ein kleiner Mensch. Er hat Augen, eine Stupsnase und ein äußerst kompliziertes Gewebe unter seinem noch flexiblen Schädelknochen. Dieses Gewebe, sein Gehirn, verschaltet sich in einer Weise, dass es nicht nur lebensnotwendige körperliche Funktionen wie Atmung und Herzschlag kontrolliert, Informationen der Außenwelt bewertet und verarbeitet und die Bewegungen des Körpers steuert, sondern auch ein individuelles und eigenständiges Fühlen und Denken hervorbringt. Der kleine Mensch entwickelt Persönlichkeit.

Wie kann dies passieren? Woher weiß die befruchtete Eizelle, was zu tun ist, woher kennt sie die Bauanleitung für den kleinen Menschen?

Ein erster grober Entwurf ist in den *Genen* gespeichert. Die befruchtete Eizelle besitzt in ihrem Zellkern die gesamte Erbinformation des heranwachsenden Menschen. Sie teilt sich und gibt die genetischen Informationen an alle folgenden Zellen weiter. Die Zelle im großen Zeh des kleinen Menschen ist ebenso über die Produktionsmöglichkeiten von Kopfhair informiert wie die Zelle in der Nasenschleimhaut oder die gemeine Nervenzelle.

Einige Informationen der Gene sind für alle Menschen gleich. Sie bestimmen etwa, in welcher Weise sich die Zellen bei der Entwicklung des Menschen vermehren oder anordnen und liefern so den erwähnten Bauplan des Menschen. Andere Gene liegen in unterschiedlichen Varianten vor und liefern Anleitungen für individuelle Merkmale, etwa

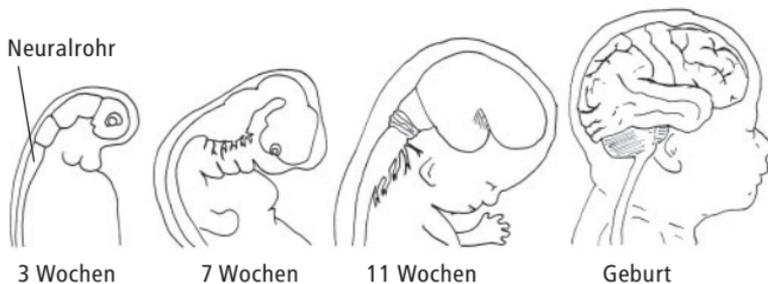
die Haarfarbe, die Nasengröße oder die Form des großen Zehs.

Zurück zur befruchteten Eizelle. Sie beginnt sich zu teilen. Wieder und wieder teilt sie sich, sieht zwischenzeitlich aus wie eine Maulbeere, und schon bald, zu Beginn der dritten Woche nach der Befruchtung, zu einem Zeitpunkt, an dem wir allenfalls ahnen, gerade an der Entstehung neuen Lebens beteiligt gewesen zu sein, bilden sich bereits erste Anlagen der verschiedenen Gewebe des Körpers. Eine dieser Anlagen entwickelt sich einige Tage später zu einem 2–3 mm langen hohlen Rohr. Das hört sich banal an, kennzeichnet jedoch die Entstehung des zukünftigen Nervensystems des fühlenden und denkenden kleinen Menschen (s. Abb. 2.1).

In der Wand dieses sogenannten Neuralrohres befinden sich die neuronalen Stammzellen. Diese teilen sich und bilden Nervenzellen und Gliazellen. Vergessen sind nun die Informationen zur Herstellung von Kopfhaar, von Proteinen zum Sauerstofftransport oder von kontraktilen Muskelementen. Man hat sich spezialisiert – Wohnort: Gehirn.

Im hinteren Bereich des Neuralrohres entsteht das Rückenmark, der vordere Teil bringt das Gehirn hervor. Milliarden von Nervenzellen bilden sich und lassen sich an dem für sie vorgesehenen Ort im Gehirn nieder. Für ihren erfolgreichen Einsatz im jungen Gehirn müssen die neu entstandenen Nervenzellen allerdings noch weitere Eigenschaften ausbilden: Sie müssen eine bestimmte Form annehmen, sich auf die Verwendung bestimmter Botenstoffe spezialisieren und vor allem müssen sie sich mit anderen Nervenzellen verbinden, denn im Gehirn geht nichts ohne Teamwork.

Bei jeder Wahrnehmung, jedem Gedanken und jeder Handlung ist ein riesiges *Netzwerk* von Nervenzellen aktiv. Verschiedene Strukturen unseres Gehirns sind für unterschiedliche Informationen zuständig. Der eine kümmert sich



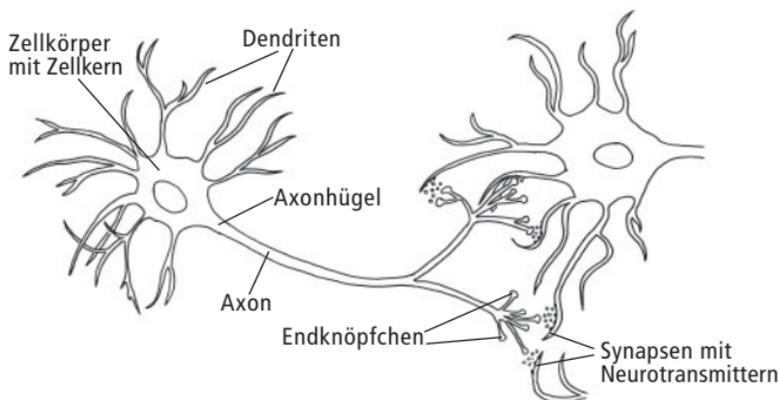
**Abb. 2.1:** Die Entwicklung des menschlichen Gehirns vom Neuralrohr zum Organ (modifiziert nach Carter 2014).

darum, dass wir senkrechte oder waagerechte Balken sehen, ein anderer codiert die Zeitabläufe von Dingen wie Fahrradfahren oder Suppe kochen und wiederum andere sind aktiv, wenn wir Angst haben, Musik hören oder unwillkürliche Laute ausstoßen. Es arbeiten bei der Verarbeitung von Informationen allerdings immer viele Bereiche zusammen. Gemeinsam sind sie dafür verantwortlich, dass wir uns bewegen, dass wir sehen und fühlen. Manche dieser Hirnstrukturen sind tief im Inneren des Gehirns gelegen, andere gehören zur Hirnrinde. Die *Hirnrinde* (womit ich in diesem Buch immer die Großhirnrinde und nicht die Kleinhirnrinde meine), bezeichnet die eingefaltete graue Schicht von Nervenzellen, die wie ein Mantel die tiefer gelegenen Hirnstrukturen umgibt und die uns auf typischen Hirnbildern wie eine Walnuss erscheint. Die Hirnrinde gilt als Ort besonders komplexer Verarbeitung. Mit ihrer Hilfe können Bilder, Töne, Sprache, Zusammenhänge und Emotionen detailliert erfasst und verarbeitet werden. Dazu später mehr.

Zurück zur Entwicklung. Die junge Nervenzelle (s. Abb. 2.2) hat eine wichtige Aufgabe: Sie muss ein Netzwerk mit vielen anderen bilden. Woher weiß sie, mit wem? Wie einem Erstklässler am ersten Tag in der neuen Schule stehen

der Zelle viele potentielle Kameraden zur Verfügung. Mit welchen der anderen Zellen soll sich ihr informationsweiterleitender Fortsatz, ihr Axon, verbinden? Es soll ja nicht die Augenzelle mit der Nasenzelle verbunden werden, und schon gar nicht mit der des großen Zehs. Zunächst einmal bahnt sich das Axon seinen Weg durch das Gehirn und sucht sich grob das Zielgebiet, – so ähnlich, wie der Erstklässler den Gebäudetrakt mit dem Klassenraum. Dieser Vorgang wird genetisch gesteuert. Die Gene geben vor, dass an entscheidenden Stellen des sich entwickelnden Gehirns bestimmte Moleküle ausgeschüttet werden, von denen sich das Axon entweder angezogen oder abgestoßen fühlt – als würden Pfeile an der Wand den Weg weisen. Das wachsende Axon navigiert sich mit seinem vorderen Teil, dem Wachstumskegel, durch das Dickicht von Nerven- und Gliazellen und findet bald das Gebiet, in dem seine Gruppe von Zellkameraden bereits wartet.

Eine weitere sehr wichtige Eigenschaft, die ausreifen muss, ist die Auswahl eines bestimmten Botenstoffs. Nervenzellen verwenden chemische Botenstoffe, sogenannte *Neurotransmitter*, um Informationen von einer Zelle an die nächste weiterzuleiten. Sie sind dabei in der Regel auf die Verwendung eines oder weniger Stoffe spezialisiert. Möchte eine Zelle eine Botschaft an die nächste senden, vielleicht, weil herannahende Kissenkonturen erahnen lassen, dass eine schützende Handbewegung nach links oben erforderlich ist, dann werden schnell wirksame Transmitter<sup>1</sup> verwendet, um die Botschaft von einer Zelle an die nächste weiterzugeben und schließlich die Handbewegung auszulösen. Darüber hinaus gibt es *Neuromodulatoren*, die auf größere Bereiche des Gehirns einwirken, etwa Noradrenalin, Serotonin, Dopamin und Acetylcholin. Diese Moleküle werden freigesetzt, wenn das Gehirn merkt, dass irgendein Reiz aus der Umwelt oder



**Abb. 2.2:** Bei einer beispielhaften idealisierten Nervenzelle werden die Informationen in Form elektrischer Erregung entlang des Axons in Richtung der nächsten Zelle transportiert. Chemische Moleküle wie Glutamat oder Dopamin werden in den synaptischen Spalt hinein freigesetzt, binden an passende Rezeptoren der Zielzelle und führen dazu, dass auch in der Zielzelle eine elektrische Erregung entsteht und die Information codiert.

aus dem eigenen Körper besonders wichtig ist, etwa, weil ihm klar wird, dass es sich doch nicht um das erwartete Kirsch-kernkissen handelt, sondern um die zuvor nur nachlässig verschnürte Windel, die mit hoher Geschwindigkeit aus Kinderhand auf unser Gesicht zurauscht. Diese Reize erfordern, dass nicht nur einzelne Nervenzellen ihre Aktivität ändern, sondern dass der ganze Körper blitzschnell reagiert, man wachsam wird und bereit ist, sofort zu handeln. Die Stoffe werden dann von jeweils einer kleinen Gruppe Nervenzellen produziert und nicht nur an einer einzigen Synapse, sondern gleichzeitig in verschiedenen Bereichen des Gehirns freigesetzt. Ihre Wirkung kann unser gesamtes Fühlen, aber auch unser Denken, Wollen und Verhalten beeinflussen.

Nun ist die junge Nervenzelle am Ort ihrer Berufung und hat einen bestimmten Neurotransmitter, über den sie mit an-

deren Nervenzellen kommunizieren kann. Riesige Netzwerke miteinander verschalteter Nervenzellen bilden sich. Im letzten Drittel der Schwangerschaft beginnt eine noch weit über die Geburt hinausgehende Phase, in der die *Neubildung von Synapsen* besonders ausgeprägt ist. Man schätzt, dass fast 40 000 Synapsen pro Sekunde gebildet werden (Tau und Peterson 2010). Das sind 2,4 Millionen Synapsen in der Minute! Auch nach dieser Periode entstehen zahlreiche Synapsen, allerdings nicht mehr in einem vergleichbaren Umfang. Nun könnte man meinen, je mehr die Synapsen miteinander verschaltet werden, desto ausgereifter und klüger würde das Gehirn. Das ist nicht ganz richtig, denn in einem weiteren sehr wichtigen Prozess wird die Anzahl der Synapsen wieder vermindert. Einer zunächst nachlässig ausschweifenden Überproduktion folgt eine umfangreiche und strukturierte *Beseitigung* vieler Synapsen. So, wie der Erstklässler am ersten Schultag noch eine ganze Reihe potentieller bester Freunde begrüßt, geht auch die Zelle erst einmal Verbindungen mit allen möglichen in Frage kommenden Zellen ein, um sich dann auf einige wenige zu konzentrieren. Je nach Hirnregion tritt die Synapsenbeseitigung im Verlauf von Kindheit oder Jugend auf.

Wie im Klassenzimmer sind es die Erfahrungen, die darüber entscheiden, welche Verbindungen erhalten werden. Gemeinsam mit den Genen bestimmen sie dadurch, wie sich das Gehirn entwickelt.

## **2.1 Gene und Erfahrungen beeinflussen die Hirnentwicklung**

In der Entwicklung des Gehirns liefern die Gene zunächst einen Bauplan für ein grobes Verschaltungsmuster der Nervenzellen. Anschließend entscheiden die Erfahrungen, welche Verbindungen aufrechterhalten werden. Die Verbindun-

gen, die aufgrund der Erfahrungen immer wieder genutzt werden, werden stabilisiert. Ungenutzte Verbindungen werden beseitigt. Sie würden nur unnötig im Weg sein oder gar Energie verbrauchen. *Use it or lose it!*

Die anfänglich übermäßige Verschaltung spiegelt dabei den Umstand wider, dass das Gehirn darauf vorbereitet ist, sich in seiner Entwicklung den Bedürfnissen des Menschen in seiner ganz speziellen Umwelt *anzupassen*. Es werden nur diejenigen Verbindungen aufrechterhalten, die in der jeweiligen Umwelt benötigt werden.

Die Periode, in der ein übermäßig verschaltetes Netzwerk von Nervenzellen darauf wartet, entsprechend den Umwelterfahrungen stabilisiert und angepasst zu werden, stellt eine *sensible Periode* dar, innerhalb derer Erfahrungen einen besonders tiefgreifenden Einfluss auf die Entwicklung haben und in manchen Fällen sogar unbedingt benötigt werden. Allerdings findet in dieser Zeit nicht ausschließlich ein Abbau von Synapsen statt. Auch zusätzliche Verbindungen werden geschaffen. Das ganze System ist vorübergehend auf Veränderung durch Nutzung, auf Lernen durch Erfahrungen, d.h. auf Plastizität ausgelegt.

Die Diskussion um sensible Perioden des Lernens brachte viele Eltern dazu, ihre Kinder möglichst früh mit allen möglichen Aktivitäten und Unterrichtseinheiten von der Violine bis zur chinesischen Sprache zu konfrontieren, um das junge und formbare Gehirn möglichst effektiv mit neuen Informationen zu füttern. Ob dies aus neurobiologischer Sicht sinnvoll ist, werde ich später diskutieren (6.4).

In dieser frühen Zeit der Herausbildung von Nervenzellnetzwerken ist nicht nur wichtig, wer sich auf der Ebene der Hirnrinde mit wem verschaltet, sondern auch, wie diese Verschaltung zukünftig von den *Neuromodulatoren* beeinflusst wird. Ist in der Umgebung etwas besonders wichtig, dann

sind sie es, die uns im Angesicht der eben erwähnten nachlässig verschnürten fliegenden Windel wachsam machen oder uns motivieren, etwas zu unternehmen («vorsichtig fangen!» oder »ducken!«). Frühe Erfahrungen können Einfluss darauf nehmen, in welchem Ausmaß Nervenzellen, die diese Stoffe freisetzen, ihre Fortsätze in andere Hirnbereiche senden und ob auf den Zielzellen eine hohe oder geringe Anzahl von Bindungsstellen für diese Stoffe ausgebildet wird. Bei dem einen wirken die Stoffe, beispielsweise Stresshormone, daraufhin mehr, bei dem anderen weniger. Der eine läuft im Angesicht eines Berges von Herausforderungen zu Hochtouren auf, der andere wird nervös, sobald er im Supermarkt sein Fruchtemüsli nicht findet. Bei anderen Stoffen wie Serotonin oder Oxytocin funktioniert es genauso. Auch sie können mehr oder weniger intensiv wirken. Über einen solchen prägenden Mechanismus können frühe Erfahrungen ganz erheblich unser späteres Verhalten beeinflussen.

Die Anpassung des Nervenzellgerüsts an die jeweilige Umwelt beginnt beim Menschen bereits *vor* der Geburt. Gelegentlich betonen Medienberichte diese vorgeburtliche Prägung und beziehen sich dabei auf Vorlieben im Bereich der klassischen Musik oder der Muttersprache. Viel wesentlicher sind aber emotionale Erfahrungen – und zwar die der Mutter. Angst oder auch Stress der schwangeren Mutter können langfristige Auswirkungen auf das Ungeborene und sein späteres Verhalten haben (s. 3.2). Ob nun vor der Geburt oder früh nach der Geburt – unsere speziellen frühen Erfahrungen beeinflussen gemeinsam mit unseren Genen unsere Gehirnentwicklung und unser späteres Verhalten. Zusammen legen diese beiden Faktoren fest, wie wir auf die Umwelt reagieren und wie wir unseren inneren Zustand regulieren können. Aber wie können Gene und Erfahrungen im Gehirn zusammenarbeiten?