

DICK SWAAB

Unser kreatives
GEHIRN

WIE WIR LEBEN, LERNEN
UND ARBEITEN

Aus dem Niederländischen
von Bärbel Jänicke

DROEMER 

Die niederländische Originalausgabe erschien 2016 unter dem Titel
»Ons creatieve brein. Hoe mens en wereld elkaar maken« bei Uitgeverij Atlas Contact.

Die Übersetzung dieses Buches wurde
von der niederländischen Stiftung für Literatur gefördert.

Nederlands
letterenfonds
dutch foundation
for literature

Besuchen Sie uns im Internet:
www.droemer.de



© 2016 by Dick Swaab
© 2017 der deutschsprachigen Ausgabe bei 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: Mirjam Madlung
Wissenschaftliche Redaktion: Dr. Felix Kreier
Covergestaltung: Kathrin Keienburg-Rees, Freiburg
Coverabbildungen: fotolia.com: Karma, Kononov Pavel,
pakpong pongatichat, adimas, okalinichenko
Gestaltung und Satz: Sandra Hacke
Druck und Bindung: Firmengruppe APPL, aprinta druck, Wemding
ISBN 978-3-426-27719-5

2 4 5 3 1

Dem Geheimnis schadet es nicht,
wenn man etwas mehr darüber weiß.

RICHARD FEYNMAN,
PHYSIKER UND NOBELPREISTRÄGER

Inhalt

Einleitung	18
DIE ENTWICKLUNG UNSERES GEHIRNS IM KULTURELLEN UMFELD	31
I Neurodiversität: Jedes Gehirn wird zu etwas Einzigartigem	33
1. Die Entwicklung unseres Charakters	36
2. Vor der Empfängnis	39
3. Intrauterine Entwicklung	40
4. Zwillingstudien	43
II Entwicklung und Organisation unseres Gehirns	46
1. Das Gehirn als selbstorganisierendes System	46
2. Wettstreit um die besten Kontakte: neuronaler Darwinismus	50
3. Kritische Entwicklungsphasen: jetzt oder nie	52
4. Chemische Substanzen und Hirnentwicklung: funktionelle Teratologie	53
5. Ausdifferenzierung der Hirnrinde durch Sinnesinformationen	57
III Entwicklung und Umgebung	62
1. Die sexuelle Differenzierung des Gehirns	62
2. Geschlechterunterschiede im Reifungsprozess	70
3. Intelligenz	75
4. Übung versus Begabung	80
IV Unsere soziale Entwicklung	83
1. Soziale Faktoren: individuelle Variationen im Sozialverhalten	83
2. Die Entwicklung unseres sozialen Gehirns	85
3. Kulturelle Wissensvermittlung	86
4. Spiegelneuronen	88
5. Emotionen spiegeln	90
6. Moralverhalten	93

7. Oxytocin, Vasopressin und Sozialverhalten	97
8. Oxytocin, Vasopressin und Psychiatrie	101
9. Kindesmisshandlung	102
10. Sexueller Missbrauch	106
11. Armut und Sozioökonomischer Status	107
V Entwicklung und Kultur	110
1. Kulturelle Faktoren	110
2. Sprache und Hirnentwicklung	115
3. Spiritualität und Glauben	118
4. Eine anregende, vielfältige Umgebung und Bildung	119
5. Adoleszenz: eine Phase der Anpassung an eine neue Gesellschaft	123
6. Partnerwahl	125
7. Politische Präferenz	131
8. Kommt die Evolution des Menschen zum Stillstand?	134
DIE KUNST UND DAS GEHIRN	139
VI Die Kunst und die Evolution des Gehirns	141
1. Das Entstehen von Kunst während der Evolution unseres Gehirns	141
2. Frühe Vorläufer der Höhlenkunst	149
3. Der evolutionäre Vorteil von Kunst	150
4. Kunst als einzigartige menschliche Errungenschaft	152
VII Kunst wahrnehmen	155
1. Ästhetische Prinzipien in der bildenden Kunst	155
2. Das visuelle System	163
3. Synästhesie	179
4. Abstrakte Kunst	182
VIII Gehirne und Gehirnerkrankungen in der Kunst	187
1. Die Darstellung von Gehirnen, Gehirnerkrankungen und ihrer Behandlung in der Kunst	187
2. Gehirnerkrankungen bei Künstlern	194

IX Entstehen und Stimulation von Kreativität	202
1. An Kreativität beteiligte Gehirnregionen	202
2. Kreativität, Musik und Tanz	205
3. Intuitive Ideen	206
4. Das Gehirn als Filter	207
5. Improvisation	210
6. Neurotransmitter	211
7. Kreativität und psychiatrische Erkrankungen	212
8. Kunst als Therapie und Therapie bei Künstlern	217
X Neuroästhetik	219
1. Ist Schönheit etwas Objektives oder etwas Subjektives?	219
2. Universelle Komponenten der Schönheit in der Kunst	221
3. Wissenschaft und Schönheit	224
4. Hirnstrukturen und die Wahrnehmung von Schönheit	225
5. Belohnende Hirnregionen	227
6. Emotionen	228
DIE MUSIK UND DAS GEHIRN	231
XI Musik und Entwicklung	233
1. Begabung versus Übung	237
2. Musik stimuliert die Gehirnentwicklung	240
3. Langfristige Auswirkungen von musikalischem Training auf Gehirnstrukturen und -funktionen	243
XII Musik und Evolution	248
1. Sind Tiere musikalisch?	248
2. Hat Musik einen evolutionären Vorteil?	251
3. Zusammenhang zwischen Musik und Sprache	254
XIII Die Wirkung der Musik auf das Gehirn	257
1. Unmittelbare Auswirkungen der Musik auf Gehirnstrukturen und Gehirnsysteme	257
2. Musik und Emotionen	260

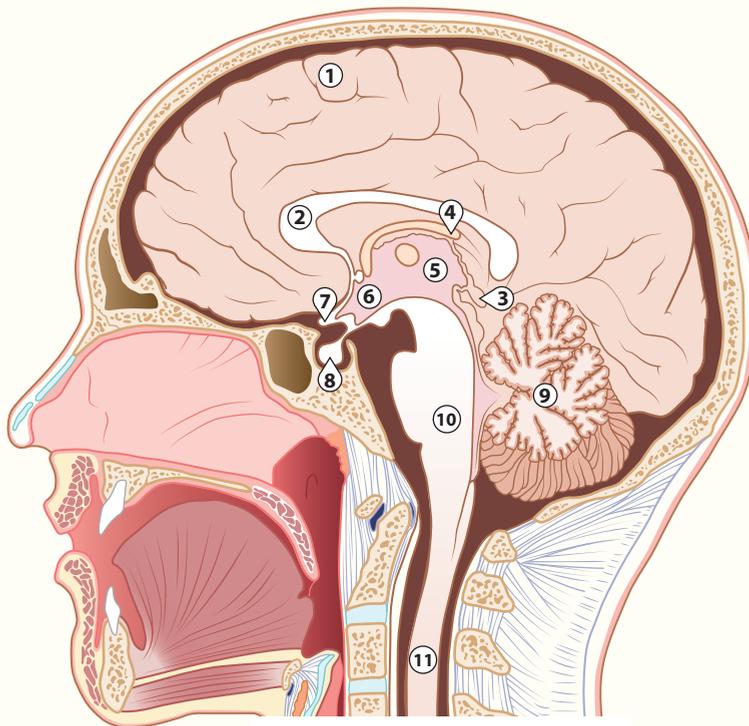
3. Auswirkungen von Musik auf Stimmung, Angst und Schmerz	262
4. Chemische Botenstoffe und Musik	264
XIV Musik wahrnehmen, gebrauchen und missbrauchen	266
1. Gehirnerkrankungen und Musik	266
2. Musiktherapie	272
3. Neuroästhetik des Tanzes	285
GEHIRN, BERUF UND AUTONOMIE	293
XV Gehirn und Beruf	295
1. Begabung kann berufsentscheidend sein	296
2. Beruf, Training und Hobby verändern unser Gehirn	298
3. Berufswahl in Relation zu Geschlecht und sexueller Orientierung	300
4. Berufswahl und Psychiatrie	306
5. Schädigungen des Gehirns durch Beruf und Umwelt	307
XVI Stress- und charakterbedingte Berufskrankheiten	313
1. Die posttraumatische Belastungsstörung (PTBS)	314
2. Psychopathie bei CEOs, Bankern und Soldaten	320
XVII Ohne Autonomie funktionieren	325
1. Der Mensch als Superorganismus	325
2. Die Autonomie des autonomen Nervensystems durchbrechen	330
3. Genetische Anomalien des autonomen Nervensystems als Jahrmarktsattraktionen	333
DIE UMGEBUNG UND DAS GESCHÄDIGTE GEHIRN	337
XVIII Gesunde Hirnalterung versus Alzheimer-Krankheit	339
1. Gesunde Hirnalterung	340
2. Der Alterungsprozess	342
3. Die Alzheimer-Krankheit und andere Formen der Demenz	347

4. Die Stadien der Alzheimer-Krankheit	350
5. Genetische Veranlagung	357
6. Zusätzlichen Schaden verhindern	361
7. Durch Stimulation zusätzliche Reserven aufbauen	364
8. Use it or lose it	371
9. Spontane Aktivierung und Reaktivierung von Gehirnzellen bei Alzheimer	375
10. Alzheimer-Therapien	377
11. Spontane Verringerung von Alzheimer in den letzten zwanzig Jahren	380
XIX Hirnkrankheiten und Umgebung	381
1. Depression	381
2. Selbsttötung	384
3. Schizophrenie	393
4. Neonatizide	396
5. Amyotrophe Lateralsklerose (ALS)	401
6. Parkinson	402
7. Umgebung als Risikofaktor	404
XX Heilung von Hirnkrankheiten: die Umgebung als Medizin	407
1. Neurogenese im erwachsenen Gehirn	407
2. Neuropsychotherapie	409
3. Placebowirkung und Zwangsmedikation	414
4. Plastizität und eine einfache Behandlung von Phantomschmerz	415
5. EMDR	419
6. Neurorehabilitation	420
DAS DENKEN ÜBER DAS GEHIRN UND UNS SELBST	425
XXI Veränderungen im Denken über das Gehirn	427
1. Teleologie: das »Ziel« unseres Lebens	427

2. Geist versus Seele	430
3. Der Geist ist materiell (objektiv)	432
4. Unbewusst reagieren und bewusst vorausdenken	436
XXII Das allzeit aktive Gehirn	438
1. Das Gehirn in »Ruhe«	438
2. Gestörtes Körperbild	444
3. Halluzinieren und träumen	447
XXIII Lokalisierung von Hirnfunktionen und freier Wille	454
1. Lokalisierung von Hirnfunktionen	454
2. Lokales Bewusstsein	458
3. Freier Wille?	463
4. Neurodeterminismus	472
XXIV Aggression und Kriminalität	479
1. Abnahme von Gewalt	479
2. Gut und böse	483
3. Freier Wille und Strafe	484
4. Hirnentwicklung und Verantwortung	487
5. Zurechnungsfähigkeit	489
6. Moralische Verantwortung	492
NEUE ENTWICKLUNGEN UND GESELLSCHAFTLICHE KONSEQUENZEN	497
XXV Hirnkrankheiten vermeiden und behandeln	499
1. Die komplexe Hirnentwicklung	499
2. Früherkennung und Behandlung von Hirnkrankheiten	501
3. Vorsorgemaßnahmen vor der Empfängnis und während der Schwangerschaft	504
4. Nahrung und Esskultur	508
5. Die Umgebung nach der Geburt	510
6. Auswirkungen von chemischen Substanzen und Anästhesie auf die Hirnentwicklung	512

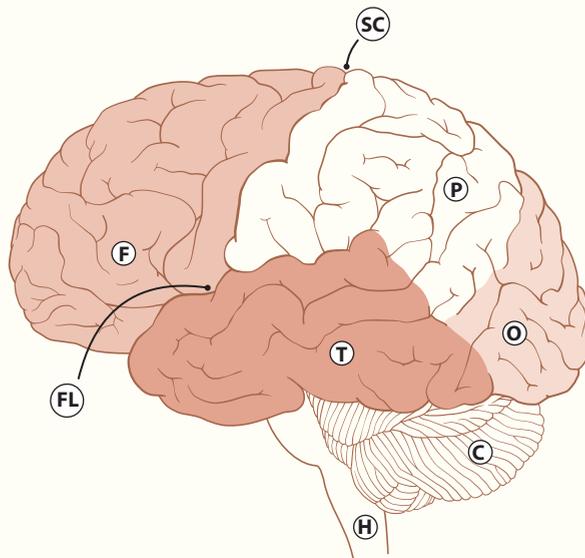
7. Schulkinder	514
8. Nicht angeborene Hirnschädigungen	517
9. Hirnblutungen und Hirninfarkte	519
10. Plastizität	520
11. Suizid	521
12. Die aktuelle Verbindung zwischen Neuro- und Sozialwissenschaften	525
13. Neuroarchitektur	526
14. Einblicke in das Gehirn	529
XXVI Das kriminelle Gehirn	533
1. Psychiatrie bei Straftätern	533
2. Hirnscans im Gerichtssaal	534
3. Es ist mehr möglich als Repression	539
4. Arbeit für Menschen mit geistiger Behinderung	540
5. Verbesserungen des Verhaltens durch Sozialisierung	541
6. Kriminalitätsprävention bei Jugendlichen	543
7. Problematische Jugendliche mit psychischen Störungen	545
8. TBS	546
XXVII Lebensendeproblematik	547
1. Aktive Sterbehilfe/Beihilfe zum Suizid	549
2. Psychiatrie	550
3. Vollendetes Leben	553
4. Behandlungsverbot und Ablehnung der Reanimation	555
XXVIII Ein Ausblick	557
1. Computer versus Gehirn	557
2. Warum Hirnforschung?	562
3. Stigmata und Tabus	567
XXIX Dank	570
XXX Glossar	572

XXXI Nachweise	582
Abbildungen	582
Zitiertes	584
XXXII Literatur	585
XXXIII Register	619



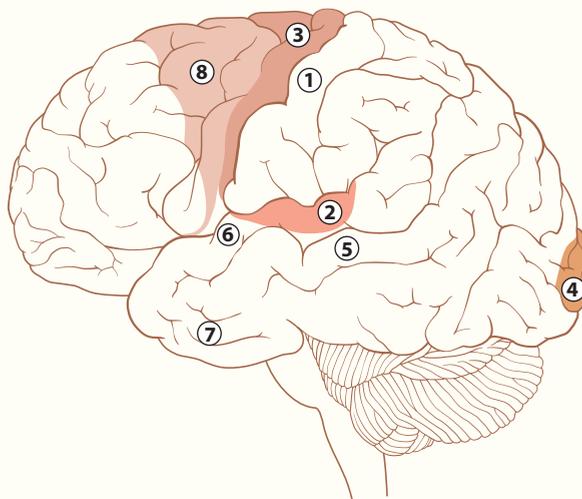
SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES GEHIRNS IM LÄNGSSCHNITT

- 1) Hirnrinde (Cortex) mit Windungen des Großhirns (Cerebrum)
- 2) Balken (= Corpus callosum, Verbindung zwischen linker und rechter Hirnhälfte)
- 3) Epiphyse (= Zirbeldrüse, produziert nachts das Schlafhormon Melatonin, das bei Kindern in jüngerem Alter auch das Einsetzen der Pubertät hemmt)
- 4) Fornix (transportiert Information aus dem Gedächtnis vom Hippocampus zum Corpus mamillare im hinteren Teil des Hypothalamus. Informationen aus dem Gedächtnis werden dann zum Thalamus und zum Cortex weitergeleitet)
- 5) Thalamus (hierhin gelangen die Informationen aus den Sinnesorganen und dem Gedächtnis)
- 6) Hypothalamus (von wesentlicher Bedeutung für das Überleben des Einzelnen und der Gattung)
- 7) Sehnervkreuzung (optisches Chiasma)
- 8) Hypophyse
- 9) Kleinhirn (= Cerebellum)
- 10) Hirnstamm
- 11) Rückenmark



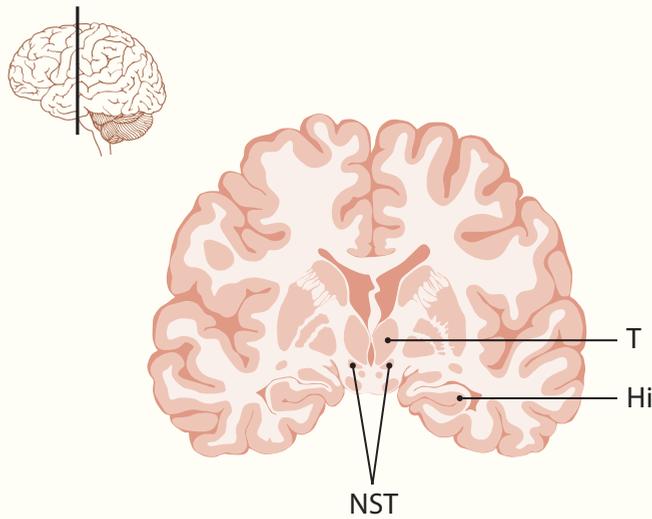
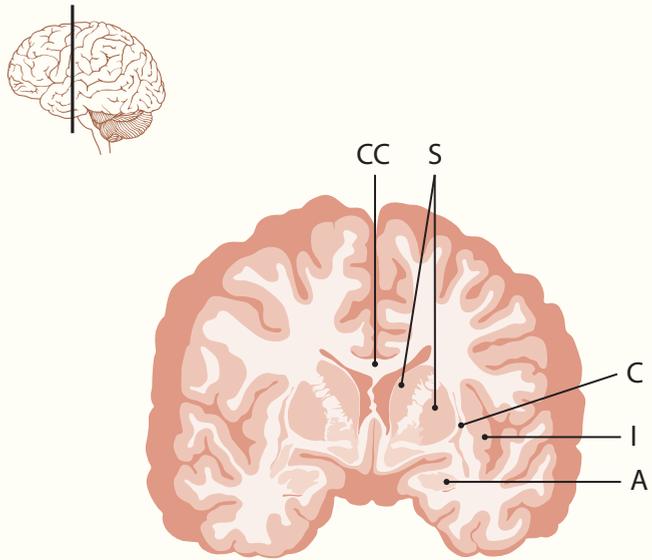
DIE VERSCHIEDENEN TEILE DER HIRNRINDE

(F) frontaler Cortex, (P) parietaler Cortex, (O) okzipitaler Cortex, (T) temporaler Cortex, (C) Cerebellum, (H) Hirnstamm, (SC) Sulcus centralis, (FL) Fissura lateralis.

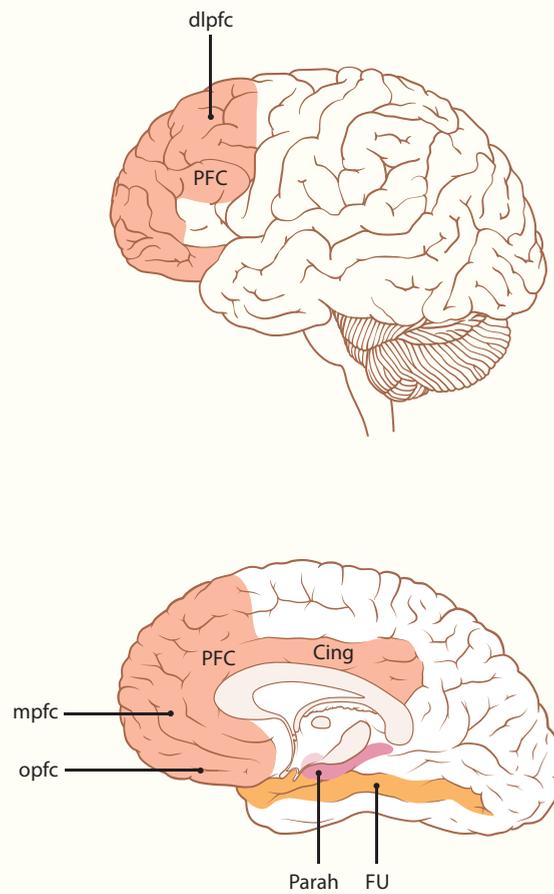


DIE GEBIETE DER HIRNRINDE

(1) Primäre sensorische Rinde, (2) Hörrinde, (3) motorische Rinde und (4) Sehrinde (visueller Cortex). Außerdem: (5) der Gyrus temporalis medius, (6) der Gyrus temporalis superior und (7) der prämotorische Cortex.



(T) Thalamus, (I) Insula, (NST) Nucleus subthalamicus, (A) Amygdala, (Hi) Hippocampus, (CC) Corpus callosum, (S) Striatum, (C) Caudate nucleus.



PRÄFRONTALER CORTEX (PFC)

medialer präfrontaler Cortex (mpfc); dorsolateraler präfrontaler Cortex (dlpfc), orbitaler präfrontaler Cortex (opfc), cingulärer Cortex (Cing), fusiformer Gyrus (FU) und Gyrus parahippocampalis (Parah).

Einleitung

Alle Menschen sind ungleich.

PROF. HANS GALJAARD

Gehirn und Umgebung

Hirnforscher bekommen oft zu hören, dass »es doch mehr geben muss als das Gehirn«. Diese Idee ist nicht neu – die Legende des heiligen Dionysius (französisch: Saint Denis), des ersten Bischofs von Paris, nährt von alters her diese Vorstellung. Der heilige Dionysius wurde von Papst Clemens I. als Missionar nach Gallien entsandt, aber um 250 n. Chr. auf Anordnung der römischen Machthaber an der Stelle enthauptet, die heute Montmartre heißt. Mit diesem Ort seiner Enthauptung war er jedoch nicht einverstanden, daher hob er seinen abgehackten Kopf auf, wusch ihn in einer Quelle und lief zehn Kilometer nach Norden bis zu der Stelle, die er sich selbst als seine letzte Ruhestätte auserwählt hatte und die heute nach ihm benannt ist. Ohne Gehirn scheint also noch eine Menge möglich zu sein.

Wenn man nachfragt, was das eigentlich heißen soll: Es müsse mehr geben als das Gehirn, bekommt man zu hören, wir Hirnforscher würden den Kontext, in dem sich ein Verhalten ereignet, vernachlässigen. Doch jeder Hirnforscher ist sich dessen bewusst, dass das Gehirn in ständiger Interaktion mit der Umgebung agiert; diese Interaktion bildet auch in der Hirnforschung einen zentralen Punkt.

Der Vorwurf ist also unsinnig. Wir Menschen sind ständig einem enormen Strom von Informationen ausgesetzt, der aus der Außenwelt auf uns einströmt und aus unserem Gehirn aufsteigt. Kreativität bedeutet, diese Informationen neu zu kombinieren. Diese neuen Ideen bilden die Grundlage für neuartige Entwicklungen in Kunst, Wissenschaft und Technik. Unter »Kunst« verstehe ich in diesem Buch: kreative Ausdrucksformen ohne praktischen Nutzen, die einen ästhetischen Genuss erzeugen. Mir ist bewusst, dass diese Definition viele Haken und Ösen hat. Kunst assoziieren wir schnell mit Schönheit oder einem angenehmen Empfinden, Kunst kann aber auch schockierend und hässlich sein. Schon Aristoteles hat darauf hingewiesen, dass Menschen von der Darstellung von Dingen fas-

ziniert sind, vor denen sie sich fürchten oder ekeln, und diesem Phänomen begegnen wir auch in der Kunst.

Unser Gehirn und die Welt legt den Nachdruck auf die enormen kreativen Fähigkeiten unseres Gehirns, die unsere komplexe Welt ermöglicht haben. Das kulturelle Umfeld, das wir erschaffen haben, hat seinerseits wiederum die Entwicklung unseres Gehirns und unseres Verhaltens vorangetrieben. In diesem Buch werden viele Beispiele für Interaktionen zwischen dem Gehirn und unserem kulturellen und beruflichen Umfeld gegeben. Aber auch hier ist es ausschließlich unserem kreativen Gehirn zu verdanken, dass sich unsere Berufe weiterentwickelten, dass aus Farbe und Stein Kunst wurde, dass sich Schwingungen in Musik und Informationen verwandelten, wissenschaftliche Erkenntnisse entstanden und neue Behandlungsmethoden entwickelt wurden. Es ist daher nicht mehr als logisch, unserem Gehirn eine zentrale Stellung zuzuweisen.



Abb. 1 *Der heilige Dionysius (Saint Denis) wird in vielen Kirchen mit dem Kopf in seinen Händen abgebildet, zum Beispiel im Giebel von Notre-Dame in Paris.*

Die wichtigste Aufgabe des Körpers besteht darin,
das Gehirn mit sich herumzutragen.

THOMAS A. EDISON

Das Gehirn im Zentrum

Einige Philosophen taten sich mit dem Titel meines letzten Buches *Wir sind unser Gehirn* schwer. Sie sahen darin zu Recht einen »mereologischen Fehlschluss«, was besagt: Ein Teil eines Ganzen wird fälschlicherweise mit dem Ganzen gleichgesetzt. Das ist als logischer Fehler anzusehen. Der Titel war aber bewusst so gewählt, um die wesentliche Bedeutung unseres Gehirns für das, was wir sind, besonders hervorzuheben. Es ist das Gehirn, das unseren Charakter, unsere einzigartigen Möglichkeiten und Ein-



Abb. 2 Salvador Dalí, Galacidalacidesoxyribonucleicacid oder: Hommage an Watson und Crick, die Entdecker der Doppelhelix-Struktur der DNA im Jahr 1953. Der Titel dieses Gemäldes von Salvador Dalí (1963) setzt sich aus dem Namen von Dalís Frau Gala, seinem eigenen Namen Dalí und dem Begriff Desoxyribonucleinsäure (DNA) zusammen. Das Gemälde entstand in Dalís »nuklearer mystischer« Phase, die mit der Atombombe auf Hiroshima im Jahr 1945 einsetzte. Später war Dalí von der DNA als Grundlage des Lebens fasziniert. Er sagte auch, jede Hälfte der DNA sei mit einer anderen verbunden, so wie er mit seiner Frau Gala.

schränkungen bestimmt. Aus der Transplantationschirurgie wissen wir, dass die Transplantation des Herzens, der Lungen, der Nieren oder anderer Organe uns nicht zu einer anderen Person macht. Eine Läsion an einer strategisch wichtigen Stelle des Gehirns kann uns hingegen in eine völlig andere Person verwandeln. Ein Tumor im Hypothalamus kann bei einem heterosexuellen Menschen pädosexuelle Neigungen hervorrufen, und ein Gefäßverschluss im Thalamus kann Demenz bewirken.

Ein wesentlicher Aspekt des Konzepts von *Wir sind unser Gehirn* ist jedoch die Erkenntnis, dass wir allesamt unterschiedlich sind, weil jeder

von uns über ein einzigartiges Gehirn verfügt. Die Unterschiede zwischen den Menschen beginnen mit den kleinen Varianten in unserer DNA, die wir von unseren Eltern geerbt haben. Darüber hinaus bilden sich ständig neue Varianten. Im Lauf unserer Entwicklung und in Interaktion mit der Umgebung nehmen die Unterschiede zwischen uns immer mehr zu. Die Wahl zwischen *nature or nurture* (Natur vs. Kultur) ist eigentlich überholt: Die Entwicklung des Gehirns beruht von Anfang an zu hundert Prozent auf einer Interaktion zwischen Vererbung *und* Umgebung.

Kreativität ist ein Lernprozess, bei dem Lehrer
und Schüler ein und dieselbe Person sind.

ARTHUR KOESTLER

Kommunikation und Kreativität

Der Mensch ist ein soziales Wesen. Ohne eine soziale Einbettung gestaltet sich das Überleben unter stressigen Bedingungen, etwa bei einer Verwundung oder Krankheit, schwierig. Soziale Zurückweisung oder Isolation setzt daher im Gehirn alle Alarmsysteme in Gang, umgekehrt führt soziale Anerkennung einen starken belohnenden Effekt mit sich.

Ein bedeutsamer Anreiz für das Größenwachstum des Gehirns war im Lauf der Evolution die gesteigerte Komplexität der Gesellschaft. Mehr oder weniger monogam im Familienverband in einer äußerst komplexen Gesellschaft zu leben fordert bekanntermaßen all unsere Kräfte. Die härteste Strafe für einen Menschen ist Einzelhaft, und die Isolationszelle wirkt sich auch auf psychiatrische Patienten äußerst negativ aus. Umgekehrt wird die Frage immer bedeutsamer, wie Hirnkrankheiten in unserer komplexen, extrem anspruchsvollen Gesellschaft die damit verbundenen Prozesse beeinflussen.

Für das Zusammenleben in unserer komplexen Gesellschaft ist eine effiziente Kommunikation zwischen den Menschen entscheidend. Im Lauf der Evolution entwickelten sich mit Sprache und Kultur spezielle Formen menschlicher Kommunikation. Kreative Ausdrucksformen unseres Gehirns geben der Kultur in Musik und Tanz, in bildender Kunst, Architektur und Literatur immer wieder neue Gestalt. Die Vorhut der kreativen Entwicklungen, die unserem Hirn entspringen, bilden nicht nur die Wis-

senschaften, sondern auch die Künste. Jeder kreative Prozess beginnt mit einer originellen Idee, mit Vorstellungskraft. Während Naturwissenschaftler den Prozess des Denkens chemisch und physikalisch untersuchen, erkunden Künstler den Geist, die Gedanken und Gefühle auf künstlerischem Wege. Die Begegnung dieser beider Welten rückt mehr und mehr in den Mittelpunkt des Interesses.

Ein Menschenhirn ist kaum mehr
als ein aufgemotztes Affenhirn.

FRANS DE WAAL

Kreative Evolution

Alles, was für unser Fortbestehen als Individuen und als Gattung entscheidend ist – Ernährung und Sex –, war während des evolutionären Prozesses mit unseren belohnenden und emotionalen Hirnsystemen verbunden. Auch unser künstlerisches und musikalisches Schaffen und Erleben und unser Beitrag zu technischen und wissenschaftlichen Entwicklungen vermitteln uns ein angenehmes Gefühl. Nahrung, Sex, Wissenschaft, Technik, Kunst und Musik sind evolutionär von Vorteil. Doch darin liegt nicht der Grund dafür, dass wir diesen Betätigungen nachgehen. Wir tun es, weil wir sie als köstlich, angenehm, interessant oder beglückend empfinden. Aber während wir uns selbst damit belohnen, hat unsere Beschäftigung auch Auswirkungen auf die Gesellschaft und fördert das Fortbestehen unserer Gattung und das Überleben des Einzelnen. Wissenschaft und Technik haben die Gesellschaft verändert. Musik und Tanz bringen Menschen zusammen und verstärken den Gruppenzusammenhalt; Musik kann sich bei gemeinsamen Aktionen als außerordentlich effektiv erweisen. Nicht ohne Grund gingen bei den Kämpfen der Schotten die Dudelsackspieler vorneweg.

Visuelle Kunst ist ungefähr vor 30 000 Jahren an unterschiedlichen Orten der Welt, offenbar unabhängig voneinander, entstanden. Unser Gehirn hatte damals ein Gewicht von 1500 Gramm erreicht. Sprache und Musik hatten sich schon viel früher entwickelt, obwohl das älteste Musikinstrument, das in der Slowakei gefunden worden ist, erst etwa 50 000 Jahre alt ist. Die ersten Zeugnisse bildender Kunst standen vor etwa 30 000 Jahren

vor allem im Dienst überlebenswichtiger Bereiche: der Kommunikation über die Fortpflanzung, über die Nahrungssuche – insbesondere über die Jagd – und möglicherweise auch der Kommunikation über spirituelle Gefühle.

Bis vor ein paar hundert Jahren hatte die Kunst in der Kirche noch immer diese erzählerische kommunikative Funktion: das Vermitteln der Bibelgeschichten an die Gläubigen, die nicht lesen konnten. Mittelalterliche Kunst machte den Gläubigen anschaulich, dass Christus, auch wenn ihr Leben schwer und voller Prüfungen war, unendlich viel mehr gelitten hatte als sie und dass Glauben, Beten, Duldsamkeit und vor allem eine Lebensführung nach den Regeln der Kirche ihnen nach ihrem Tod eine Belohnung in Aussicht stellten: das ewige Leben im Himmel.

Wer sich nicht an die Regeln hielt, konnte sich auf den Darstellungen auch die Alternative dazu vor Augen führen, und damit war nicht zu spaßen: Die Verdammten erwarteten die schrecklichsten Strafen. Sünder wurden übrigens nicht ausschließlich nach ihrem Tod bestraft. Auch Krankheiten wie Wahnsinn und Epilepsie galten in vielen Kulturen und Religionen als eine Strafe Gottes für das Übertreten der Regeln, eine Vorstellung, die in der Tabuisierung und Stigmatisierung von Hirnkrankheiten weiterlebt und auch in unserer Gesellschaft noch immer virulent ist.

Kreative Revolution

Unsere kreative Revolution bekam vor ungefähr 14 000 Jahren Auftrieb, als Menschen im Mittleren Osten mit Ackerbau und Viehzucht begannen. Die Nahrungsversorgung wurde effizienter, so dass immer mehr Menschen für andere Aufgaben abkömmlich waren. Die ersten chinesischen Schriftzeichen und die Keilschrift haben sich erst vor etwa 5000 Jahren unabhängig voneinander entwickelt. Die Keilschrift wurde zu 90 Prozent für die Buchhaltung des Handelns mit Datteln, Korn und Schafen genutzt, aber auch literarische, religiöse und wissenschaftliche Schriften sind entziffert worden. Vor mehr als 2000 Jahren hat ein babylonischer Astronom sogar mit geometrischen Methoden die Bahn berechnet, die der Jupiter am Himmel zurücklegte.

In den größer werdenden Gemeinschaften standen immer mehr Menschen miteinander in Kontakt, neue Informationen konnten effizienter ausgetauscht werden, und unsere gebündelte Kreativität trieb über Wett-

bewerb und Zusammenarbeit die technologische Entwicklung zügig voran. Die Menschen haben Techniken entwickelt, um all diese Informationen zu speichern, wodurch die nachfolgenden Generationen auf dem Wissen der vorherigen Generationen aufbauen konnten.

In jüngerer Zeit trat eine weitgehende Spezialisierung der Menschen hinzu sowie die Entwicklung immer besserer Transport- und Kommunikationsmittel, die nun auch internationale Zusammenarbeit und internationalen Wettbewerb ermöglichten. Unsere kreative Entwicklung hat sich dadurch erheblich beschleunigt. Die im späten 18. Jahrhundert einsetzende industrielle Revolution und die sich daran anschließenden Schübe wirtschaftlichen Wachstums sind in erster Linie einer relativ kleinen Zahl wissenschaftlich und technologisch hochkreativer Menschen zu verdanken; ihre Erfindungen haben die Lebensumstände der gesamten Bevölkerung verbessert.

Kinder lernen, wenn sie spielen. Am wichtigsten ist,
im Spiel lernen sie, wie man lernt.

O. FRED DONALDSON

Unser Gehirn ist außergewöhnlich. Wir lernen mehr und besser als andere Tiere, obwohl sich die Grundmechanismen gleichen. Auch für Affen ist kulturelles Lernen wesentlich. Indem sie ihre Eltern nachahmen, lernen sie, wie sich mit einem Stöckchen Termiten fangen lassen und wie sie mit einem Stein Nüsse knacken können. Nicht von ungefähr sprechen wir von »nach-äffen«. Die neurobiologische Grundlage des sozialen Lernens (Lernen von anderen) sind die Spiegelneuronen in unserem Gehirn, die der amerikanische Neurologe Ramachandran als »die Grundlage unserer Zivilisation« bezeichnet hat.

Was uns zu Menschen macht, ist unser spezifisch menschliches Gehirn. Es ermöglicht uns Kultur und Selbstreflexion. Unsere enorme Kreativität bringt sich in einem beständigen Strom neuer technischer und wissenschaftlicher Entwicklungen sowie in Kunst und Musik – einer Kombination von Technik, Kreativität und Emotionen – zum Ausdruck. Mit seinem großen kreativen Gehirn und dessen überschüssigen Zellen und Verbindungen kann sich der Mensch besser als andere Gattungen an eine sich



Abb. 3 Die Hölle, Teil der Darstellung »Die Sieben Todsünden« und »Die vier letzten Dinge«. Ob das Werk, das sich heute im Museo del Prado in Madrid befindet, von Hieronymus Bosch stammt, ist umstritten. Medaillon in der Ecke der Tischplatte, die im Auftrag von König Philip II. von Spanien angefertigt wurde; er ließ sie wahrscheinlich 1574 in den Escorial bringen. Abscheuliche Dämonen, die foltern, den Sündern Gliedmaßen abbeißen, sie aufspießen und in die Hölle führen, wo diese Praktiken bis in alle Ewigkeit fortgesetzt werden. Man vermutet, dass Mutterkorn-Halluzinationen die Inspirationsquelle für die Dämonen im Werk von Bosch gewesen sind. Im Mittelalter kam es häufiger zu Vergiftungen durch Mutterkorn (Ergot), einen Schimmel, der auf feuchtem Getreide wächst und Halluzinationen, epileptische Anfälle und Wahnvorstellungen verursachen kann. Hieronymus Bosch hat wahrscheinlich selbst eine solche Vergiftung durchlitten.

verändernde Umgebung anpassen. Außerdem erschafft er sich damit spezielle Werkzeuge sowie eine komplexe andere kulturelle, soziale und sprachliche Umgebung, die wiederum die Hirnentwicklung in einer für

die Umgebung spezifischen Weise beeinflusst. Als unsere Vorfahren damit vor etwa 50 000 Jahren begannen, wurden wir zum modernen Menschen. Wir sind unser kreatives Gehirn.

Der Aufbau dieses Buches

»Wir sind unser Gehirn« schreibt der Hirnforscher Dick Swaab.
Mein Kollege Frank Koerselman machte einen großartigen Vergleich:
Das sei in etwa so, als sage man, jedes Gemälde bestehe aus Farbe.

PROF. RENÉ KAHN

Ja, alles beginnt mit Farbe auf einer Leinwand und einer Person, die sie betrachtet. Aber anders, als dieses Zitat suggeriert, bin ich durchaus der Auffassung, dass ein Gemälde mehr ist als Farbe. Es ist ein Werk, in das der Künstler sein Gehirn, sein technisches Können und seine Emotionen hineingelegt hat, um uns etwas mitzuteilen und auch in *unserem* Gehirn Emotionen wachzurufen. Dadurch wird die Farbe zu Schönheit, zu etwas Erstaunlichem oder Erschütterndem. Der Künstler hat die Farbe zum Leben erweckt, und die Kunsterfahrung ergibt sich aus dem Dialog des Bildes mit dem Betrachter. Ebenso wie ein Gemälde mehr ist als ein paar Farbleckse auf einer Leinwand, so ist auch ein Gehirn mehr als ein Sack voller toter Moleküle: Es besteht aus einer äußerst grazilen Struktur *lebendiger, funktionaler* Zellen, die auf außerordentlich komplizierte Art und Weise miteinander und mit der Umgebung kommunizieren.

Dieses Buch liefert Beispiele dafür, wie unser kreatives Gehirn durch Kunst, Musik, Wissenschaft und Technik unsere Umgebung erschafft und verändert, und auch Beispiele dafür, wie die Umgebung die Entwicklung und Funktionalität unseres Gehirns beeinflusst. Aufgrund der komplexen Art und Weise, in der sich unser Gehirn innerhalb dieses Interaktionsprozesses entwickelt, werden wir alle einzigartig, haben alle verschiedene Interessen und reagieren unterschiedlich auf unsere Umgebung. Hier und da erlaube ich mir in diesem Buch, als interessierter Laie persönlichen Vorlieben nachzugehen, Exkurse einzuschieben und womöglich unhaltbare Standpunkte zu vertreten in der beruhigenden Überzeugung, dass Kunst eine persönliche Erfahrung ist und glücklicherweise immer bleiben wird.

Das Buch setzt ein mit der Entwicklung unseres Gehirns im kulturellen Umfeld (Kapitel I–V). Die neurobiologischen Entwicklungsmechanismen, die Genetik und Selbstorganisation des Gehirns, die den persönlichen Charakter, den IQ, die kreativen Fähigkeiten und die sexuelle Differenzierung des Gehirns bestimmen, sowie die Epigenetik – die Art und Weise, in der die Umgebung im Lauf der Entwicklung unsere Funktionsweise fortwährend beeinflusst – stehen hier im Mittelpunkt.

Im zweiten Teil, *Die Kunst und das Gehirn* (Kapitel VI–X), lege ich dar, wie das Gehirn des modernen Menschen im Lauf der Evolution den Umfang erreichte, der es ihm ermöglichte, Kunst hervorzubringen. Für unser Sehen und Erleben wie auch für die Gefühle und Emotionen, die Kunst zu wecken vermag, nutzen wir die gleichen Hirnsysteme wie für unser alltägliches Leben. Künstler richten sich offenbar unbewusst an den Prinzipien aus, nach denen diese Gehirnsysteme funktionieren. Prof. Semir Zeki sagte daher: »Ein Künstler ist in gewissem Sinne ein Neurowissenschaftler, der die Möglichkeiten und Eigenschaften des Gehirns erkundet, allerdings mit anderen Instrumenten.«

Prof. Zeki hat den Forschungsbereich der Neuroästhetik initiiert. Hier werden die Mechanismen des Gehirns erforscht, die dafür maßgeblich sind, dass wir etwas oder jemanden als »schön« empfinden. Einige halten diesen Ansatz für »reduktionistisch«. Das ist Unsinn. Ein Hirnforscher kann Kunst genauso genießen und sich ebenso verlieben wie jeder andere auch. Hirnforschung schmälert nicht die Emotionen, die mit dem alltäglichen Gebrauch des eigenen Gehirns einhergehen. Das Wissen über die daran beteiligten Hirnmechanismen fügt den Emotionen, die Kunst zu wecken vermag, vielmehr die Bewunderung für diese wunderbare, außerordentlich komplexe Maschine hinzu.

Kunst kann zur Behandlung von Hirnkrankheiten eingesetzt werden, umgekehrt können Hirnkrankheiten das Werk von Künstlern tiefgreifend beeinflussen. Nach meinen Vorlesungen über Gehirn und Kunst an der Chinese Academy of Art und an der Zhejiang-Universität in Hangzhou wurde mir am häufigsten die Frage gestellt: »Muss man verrückt sein, um hervorragende Kunst zu schaffen?« Meine Antwort: »Man muss nicht, aber manchmal hat es geholfen«, führte immer wieder zu ziemlichem Aufruhr und zu Diskussionen unter den Studenten.

Danach kommt im Teil *Die Musik und das Gehirn* (Kapitel XI–XIV) zur Sprache, wie die Musik in allen Phasen unseres Lebens den Bau und die Funktion unseres Gehirns und damit auch unser Leistungsvermögen beeinflussen kann. Musik hat im Lauf der Jahrhunderte in jeder Gesellschaft eine wichtige Rolle gespielt. Schon ein Kind in der Gebärmutter ist empfänglich für Musik; Musik stimuliert die Hirnentwicklung und wirkt Alterserscheinungen entgegen. Sie wirkt sich auf viele Hirnregionen und zahlreiche chemische Botenstoffe aus und damit auch auf unsere Emotionen. Dadurch kann sie Schmerzen lindern und therapeutische Wirkungen bei der Behandlung von Hirnkrankheiten erzeugen. Auch Tanz kann sich günstig auswirken, zum Beispiel bei der Parkinson-Krankheit.

Unsere Funktionsfähigkeit in ständiger Interaktion mit der sozialen Umgebung ist das Thema des Teils *Gehirn, Beruf und Autonomie* (XV–XVII). Unsere Hirnentwicklung führt zu einer bestimmten Begabung, manchmal sogar zu einem ausgesprochenen Talent für Musik oder Kunst. Die Palette von Möglichkeiten und Einschränkungen, die während der Entwicklung zur Ausprägung kommen, beeinflusst unsere Berufswahl. Wir wählen mit Vorliebe Berufe, die unserem Gehirn entsprechen. Unter CEOs und Bankdirektoren begegnet man daher häufiger Menschen mit speziellen Charaktereigenschaften. Aber unser Beruf beeinflusst umgekehrt auch den Bau und die Funktion des Gehirns, wie es beispielsweise bei Taxifahrern in London nachgewiesen werden konnte.

Andererseits kann man am Arbeitsplatz durch Giftstoffe Hirnschäden erleiden oder aufgrund emotionaler Erlebnisse an einer posttraumatischen Belastungsstörung erkranken. Wenn Menschen einfach nur funktionieren und dabei ihre Autonomie aufgeben, entstehen Massenbewegungen, die im Lauf der Geschichte zu Katastrophen geführt haben. Und wenn das autonome Nervensystem nicht richtig funktioniert, ergeben sich für den Einzelnen lebensbedrohliche Situationen.

Auch für die Entstehung von Hirnkrankheiten ist das Zusammenspiel mit der Umgebung entscheidend. Unsere genetische Veranlagung und die Entwicklung entscheiden, wie anfällig wir für Hirnkrankheiten wie Alzheimer, Depressionen und Schizophrenie sind. Doch unser Umfeld entscheidet, ob die Hirnkrankheit zum Ausbruch kommt, und es kann

sowohl auf die Vorbeugung als auch auf die Genesung solcher Krankheiten großen Einfluss ausüben, wie wir im Teil *Die Umgebung und das geschädigte Gehirn* (Kapitel XVIII–XX) sehen werden. Zweisprachig aufzuwachsen ist für das kindliche Gehirn beispielsweise eine so starke Stimulanz, dass unter jenen, die an Alzheimer erkranken, die zweisprachig Aufgewachsenen durchschnittlich vier Jahre später daran erkranken als die, die einsprachig aufgewachsen sind.

Aufgrund der neueren Hirnforschung haben wir begonnen, anders über die Funktionsweise unseres Gehirns, über den freien Willen, über unbewusste Entscheidungen, moralisches Verhalten, Schuld und Strafe zu denken. Die experimentellen Neurowissenschaften haben ein Terrain betreten, das bis vor kurzem noch der Philosophie vorbehalten war, dies kommt in *Das Denken über das Gehirn und uns selbst* (Kapitel XXI–XXIV) zur Sprache.

Die Kenntnisse über unser Gehirn führen nicht nur zu neuen Behandlungsstrategien und Maßnahmen zur Vorbeugung von Hirnkrankheiten, sondern im Bildungswesen, der Justiz, der Politik und in der Lebensendeproblematik auch zu immer mehr gesellschaftlichen Konsequenzen. Darauf gehe ich im Teil *Neue Entwicklungen und gesellschaftliche Konsequenzen* (Kapitel XXV–XXVIII) ein. Es ist jedoch ebenso wichtig, ein breites öffentliches Interesse für die Forschung zur Funktionsweise unseres Gehirns und zu den charakteristischen Merkmalen von Hirnkrankheiten zu wecken, um der immer noch existenten Tabuisierung von Hirnkrankheiten entgegenzuwirken. Die Ergebnisse der Hirnforschung können zu der dringend notwendigen Entstigmatisierung neurologischer und psychiatrischer Krankheiten beitragen.

DIE ENTWICKLUNG UNSERES GEHIRNS IM KULTURELLEN UMFELD

I

Neurodiversität: Jedes Gehirn wird zu etwas Einzigartigem

Erkenne dich selbst.

INSCRIFT AM APOLLONTEMPEL IN DELPHI

Scanne dich selbst.

EIN KOLLEGE VON DICK FRANS SWAAB (DFS)

Die Interaktion zwischen Gesellschaft und Gehirn hat im Zuge der evolutionären Menschwerdung nicht nur unser soziales Gefüge äußerst kompliziert gemacht, sondern auch unser Gehirn ungeheuer komplex werden lassen. Es besteht aus 80 bis 100 Milliarden Gehirnzellen – die Anzahl entspricht dem Zwölffachen der Weltbevölkerung. Diese Zellen sind innerhalb weniger Monate von ihrem Entstehungsort in der Nähe der Hirnventrikel zu ihrem Bestimmungsort im Gehirn gewandert, wo sie dann den Rest unseres Lebens bleiben, sich ausdifferenzieren, ihre Ausläufer bilden und Kontakte zu anderen Hirnzellen knüpfen. Jede einzelne Gehirnzelle, für sich genommen schon atemberaubend komplex, steht schließlich mit 1000 bis 100 000 anderen Gehirnzellen in Kontakt. An diesen Kontaktstellen, den Synapsen, werden übrigens die Informationen »im Gedächtnis« gespeichert.

Ein menschliches Baby kommt unbeholfen und hilfsbedürftig, mit einem weitgehend unausgereiften Gehirn zur Welt. Das Gehirn eines Neugeborenen wiegt 350 Gramm. Das bedeutet, dass noch 75 Prozent des Netzwerks angelegt werden müssen, ein Prozess, auf den das soziale und kulturelle Umfeld einen bedeutenden und dauerhaften Einfluss ausüben kann. Dieser Einfluss macht sich, besonders was die »höheren Funktionen« angeht, beim Knüpfen von Verbindungen geltend. Denn die 17 Milliarden Hirnzellen in der Hirnrinde, die für unsere spezifisch



Abb. I.1 Pablo Picasso, Paulo dessinant (1923). Eine behagliche Umgebung.

menschlichen Leistungen, einschließlich denen unserer Kultur, verantwortlich zeichnen, sind größtenteils schon vor unserer Geburt, in der Gebärmutter, entstanden.

Allerdings müssen sich auch nach unserer Geburt noch etwa 60 Milliarden Hirnzellen im Cerebellum, dem Kleinhirn, bilden. Das Kleinhirn organisiert nicht nur die Feinmotorik und die Bewegungen, die wir erst erlernen müssen, um sie später automatisch ausführen zu können. Aktuelle Studien belegen, dass auch kulturelle Aspekte unbewusst erlernt und vom Kleinhirn im Zusammenspiel mit der Hirnrinde verinnerlicht werden. Auch die Zellen des Gyrus dentatus im Hippocampus, die für Gedächtnisprozesse wesentlich sind, müssen sich nach der Geburt erst entwickeln.

Eine relativ geringe Anzahl von Neuronen des Hippocampus kann sich sogar noch im Erwachsenenalter neu bilden (siehe XVI.1).

Der rasante Entwicklungsprozess des Gehirns in den ersten Lebensjahren lässt sich übrigens durch Messungen des kindlichen Schädelumfangs leicht nachverfolgen. Zwischen dem Schädelumfang eines Kindes und der DNA-Menge in seinem Gehirn, die für die Zahl der Gehirnzellen steht, besteht ein linearer Zusammenhang.

Früher, als ich als Famulus auf der Entbindungsstation Kindern auf die Welt geholfen habe und die Aufgabe hatte, ihren Schädelumfang zu messen, war dieser Zusammenhang noch nicht bekannt. Es ist wichtig, die Entwicklung des Gehirns im Blick zu behalten, denn eine Entwicklungsstörung des Gehirns erhöht das Risiko auf spätere psychiatrische Erkrankungen, und zusätzliche Stimulation kann dazu beitragen, eine Verzögerung der geistigen Entwicklung zu kompensieren.

Die Bildung von Nervenfaserverbindungen zwischen den verschiedenen Hirnregionen wird noch lange fortgeführt, im präfrontalen Cortex, der Struktur, wo unser moralischer Rahmen abgesteckt wird und unsere Im-

pulse gehemmt werden, sogar noch bis zum 24. Lebensjahr. Demzufolge kann das soziale und kulturelle Umfeld, in dem ein Kind aufwächst, im positiven wie im negativen Sinn großen Einfluss auf die Entwicklung dieser Hirnregion ausüben. Faktoren, die sich positiv auswirken, sind eine sichere, liebevolle und anregende Umgebung, in der ein Kind aufwächst, und eine ausreichende und qualitativ gute Ernährung. Negative Faktoren sind ein stressiges Umfeld, Vernachlässigung, Missbrauch und eine unzureichende oder qualitativ minderwertige Ernährung.

Jedes Hirnsystem muss sich in einem bestimmten Zeitraum entwickeln. Daher gibt es jeweils eine Phase, in der ein Kind am besten eine Sprache, lesen und schreiben oder ein Musikinstrument spielen lernt. Diese »kritische« Phase ist sowohl günstigen als auch ungünstigen Faktoren gegenüber besonders sensibel. Ist sie abgeschlossen, hat sich das Erlernete in den dafür vorgesehenen Kreisläufen der Gehirnstrukturen verankert; sind die entsprechenden Dinge in diesem Zeitraum nicht gelernt worden, werden die jeweiligen Hirnkreisläufe für andere Aufgaben genutzt. Das Erlernen solcher Kompetenzen fällt dann später viel schwerer oder ist sogar unmöglich. Daher können sich Ernährungsmangel vor oder nach der Geburt, Vernachlässigung, Armut und soziale Diskriminierung dauerhaft auf die Hirnentwicklung und damit auch auf das Verhalten und die Fähigkeiten eines Kindes auswirken.

In Bezug auf die epigenetischen Veränderungen der DNA, die für diese dauerhaften Umgebungseffekte verantwortlich sind, gibt es einige neue Erkenntnisse. Epigenetische Veränderungen sind chemische, umweltinduzierte Veränderungen der DNA, die Gene entweder dauerhaft stilllegen oder gerade aktivieren. Womöglich sind einige dieser Effekte sogar vererbbar. Vielleicht besteht deshalb bei den Kindern von Holocaust-Überlebenden ein größeres Risiko, später an einer Angststörung zu erkranken. Epigenetische Effekte stehen zurzeit im Fokus von relativ neuen Forschungsrichtungen, der sozialen und kulturellen Neurowissenschaften. Die Kombination von Hirnforschung und Sozialwissenschaften hat in letzter Zeit einen rasanten Aufschwung genommen.