

Hugo Lagercrantz

Die Geburt des Bewusstseins

Über die Entwicklung
des frühkindlichen
Gehirns

 Springer

Die Geburt des Bewusstseins

Hugo Lagercrantz

Die Geburt des Bewusstseins

Über die Entwicklung des
frühkindlichen Gehirns

Mit über 90 Abbildungen

 Springer

Hugo Lagercrantz
Karolinska Institute
Stockholm, Schweden

ISBN 978-3-662-58222-0 ISBN 978-3-662-58223-7 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58223-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Deutsche Übersetzung der 1. englischen Auflage „Infant Brain Development. Formation of the Mind and the Emergence of Consciousness“, © Springer International Publishing Switzerland 2016. Alle Rechte vorbehalten. © Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Fotonachweis Umschlag: © Sebastian Kaulitzki/stock.adobe.com
Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort zur englischen Ausgabe

Die Frage nach dem Entstehen des Bewusstseins ist fundamental. Wer auf Konferenzen und Seminaren der Neurowissenschaft oder klinischen Medizin über das Bewusstsein spricht, läuft allerdings Gefahr, als versponnen zu gelten. Doch wie es der Philosoph John Searle so anschaulich beschreibt, ist das Bewusstsein ebenso ein Merkmal des Gehirns, wie die Verdauung eine Eigenschaft des Magen-Darm-Trakts ist. Seit Beginn dieses Jahrhunderts wird das Bewusstsein in der Neurobiologie heiß diskutiert – was zum Teil den ausgereifteren bildgebenden Verfahren zu verdanken ist, die uns mittlerweile zur Verfügung stehen. Es wurden zahlreiche Bücher zum menschlichen sowie auch zum tierischen Bewusstsein veröffentlicht. Thomas Nagels berühmter Essay *Wie ist es, eine Fledermaus zu sein?* ist immer wieder ein beliebtes Gesprächsthema. Der Frage, wie es ist, ein menschlicher Fötus oder ein Säugling zu sein, wird hingegen weniger Aufmerksamkeit geschenkt – mit Ausnahme von Alison Gopnik, die das hervorragende Buch *Kleine Philosophen* schrieb. In meinem Buch betrachte ich die Entstehung des Bewusstseins aus einer primär klinischen Perspektive. Man kann diese Frage nicht beantworten, ohne die Entwicklung des Gehirns zu beschreiben. Besonders interessant ist dabei, wie sich das Gehirn und das Bewusstsein bei sehr Frühgeborenen außerhalb der Gebärmutter entwickeln. Außerdem interessiert mich die Frage, wann ein Fötus oder Säugling zu einer Person wird. Meiner Ansicht nach ist dies der Fall, wenn die Hirnreifung so weit fortgeschritten ist, dass ein Bewusstsein möglich ist.

Eine schwedische Fassung dieses Buchs wurde von der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften in Auftrag gegeben und 2005 veröffentlicht. Sie wurde ins Französische, Italienische und Russische, aber

VI Vorwort zur englischen Ausgabe

nicht ins Englische oder Deutsche übersetzt. Die hier vorliegende Version beruht zwar auf der Erstfassung, wurde jedoch vollständig neu verfasst und aktualisiert.

Ganz besonders danken möchte ich Professor Jean-Pierre Changeux vom Institut Pasteur in Paris, der mich durch seinen Klassiker *Der neuronale Mensch* und in einer Reihe von Gesprächen inspiriert hat. Er hat das Manuskript gelesen und mir konstruktive Hinweise gegeben. Mein Dank gilt auch Dr. Nelly Padilla von der Universität von Barcelona, Dr. Christine Moon von der Universität von Washington, Prof. Michael Weindling von der Universität von Liverpool sowie Prof. Ulrika Ådén und Prof. Urban Lendahl vom Karolinska-Institut in Stockholm für ihr wertvolles kritisches Feedback. Besonders dankbar bin ich Annette Whibley, die den Text sprachlich überarbeitet hat, und Lena Lyons, von der ein Großteil der Zeichnungen stammt.

Cathrin Andersson und Anna Käll haben mir ebenfalls mit Abbildungen geholfen. Gertie Johansson von der Hagströmer-Bibliothek stand mir bei den geschichtlichen Zahlen zur Seite. Und nicht zuletzt danke ich meinem Lektor Garth Haller vom Springer-Verlag für seine Unterstützung und Korrekturen.

Stockholm, Schweden
im Juli 2016

Hugo Lagercrantz

Vorwort zur deutschen Ausgabe

Lange Zeit galt das frühkindliche Gehirn als weniger leistungsfähig als das älterer Kinder und Erwachsener. Diese Auffassung ist jedoch nicht korrekt. Säuglinge können zwar nicht sprechen, doch bis zu einem Alter von sechs Monaten verfügen sie über eine Universalgrammatik und sind in der Lage, jede Sprache der Welt zu erlernen. Sie können Phoneme von Sprachen wie Deutsch, Englisch, Mandarin oder Swahili wie ein Schwamm aufsaugen und unterscheiden. Außerdem sind Babys fähig, menschliche Gesichter und den Geruch ihrer Mutter zu erkennen. Sie empfinden Schmerz und sind sich ihres Körpers und ihrer selbst bewusst. Daher kann man sagen, dass Säuglinge über ein zumindest minimales Maß an Bewusstsein verfügen. Dass das neugeborene Gehirn sogar sehr aktiv ist, zeigt sein hoher Blutglukoseverbrauch von etwa 50 % im Vergleich zu nur 20 % bei Erwachsenen.

Dieses Buch befasst sich mit der Entwicklung des Gehirns von der Empfängnis bis in die frühe Kindheit. Dabei habe ich versucht, Meilensteine in der Verhaltensentwicklung mit der neurologischen Entwicklung in Beziehung zu setzen. Als Neonatologe interessieren mich vor allem das Überleben von Frühgeborenen und die entsprechenden neurologischen Folgen.

Dieses Buch wurde ursprünglich 2005 in schwedischer Sprache veröffentlicht. Nun habe ich es auf Englisch vollständig überarbeitet und aktualisiert. Bei der Übersetzung ins Deutsche hat Karin Herding hervorragende Arbeit geleistet. Mein Dank geht auch an Silke Mader, Vorsitzende der Stiftung

VIII Vorwort zur deutschen Ausgabe

„European Foundation for the Care of Newborn Infants“, für ihre Unterstützung und ihre Ermutigung, das Buch übersetzen zu lassen. Dr. Christine Lerche vom Springer Verlag war mir bei der Umsetzung dieses Projekts eine große Hilfe. Außerdem danke ich Dr. Alexander Rakow, der mich bei der Bearbeitung der deutschen Fassung unterstützt hat.

Stockholm, Schweden
2018

Hugo Lagercrantz

Inhaltsverzeichnis

1	Die Entstehung des Bewusstseins und die grundlegende Architektur des Gehirns	1
1.1	Die Neuronentheorie	4
1.2	Induktion des Gehirns	5
1.3	Die grundlegende Architektur des Gehirns	9
1.4	Genomkonstruktion	11
1.5	Die Parsimonie genetischer Informationen	12
1.6	Die Suche nach den homöotischen Genen	13
1.7	Genregulierung	15
1.8	Genotyp-Umwelt-Interaktion	16
	Literatur	17
2	Strukturierung des Gehirns, neuronale Proliferation und Migration	19
2.1	Das wichtigste Ereignis des Lebens	19
2.2	Dieselben Neuronen von der Wiege bis zur Bahre	24
2.3	Synaptogenese	31
2.4	Wegfindung	33
2.5	Gliazellen	34
2.6	Organisation	34
2.7	Myelinisierung	36
	Literatur	37

X Inhaltsverzeichnis

3	Nervenwachstum und Neurotransmission	39
3.1	Programmierter Zelltod	39
3.2	Nervenwachstumsfaktor	40
3.3	Optimierung der Verschaltungen	41
3.4	„Der Krieg der Suppen und Funken“	44
3.5	Elektrische Transmission	44
3.6	Neurotransmitter	45
	Literatur	52
4	Fetale Bewegung und Wahrnehmung	53
4.1	Wann beginnt der Fötus sich zu bewegen?	53
4.2	Habituation	57
4.3	Thalamokortikale Verbindungen	57
4.4	Der inhibierte Fötus	58
4.5	Erstarren und Abtauchen	60
4.6	Drogen, Alkohol und Passivrauchen	61
	Literatur	63
5	Der Stress der Geburt und die ersten Atemzüge	65
5.1	Die Metamorphose der Geburt	65
5.2	Die Vorbereitung auf die Geburt	66
5.3	Der Beginn der Geburt	66
5.4	Drücken und Quetschen	68
5.5	Der Stress der Geburt	70
5.6	Kaiserschnitt	73
5.7	Das Erwachen des Neugeborenen	74
5.8	Genaktivierung	74
5.9	Atmen oder Nichtatmen	76
5.10	Die ersten Atemzüge	77
5.11	Asphyxie	79
	Literatur	80
6	Die Suche nach dem Bewusstsein	83
6.1	Was ist Bewusstsein?	83
6.2	Biophysikalische Untersuchung des Bewusstseins	85
6.3	Modelle	87
6.4	Verortung des Bewusstseins	92
6.5	Wozu dient das Bewusstsein?	94
6.6	An nichts denken	95
6.7	Das Default Mode Network	95

6.8	Salienzverarbeitung	96
6.9	Neugeborene	97
6.10	Die Entwicklung des Konnektoms	98
6.11	Bewusstseinsspezifische Hirnaktivität	98
6.12	Pathologische Überlegungen	100
	Literatur	101
7	Das frühkindliche Bewusstsein	103
7.1	Das neonatale Bewusstsein	103
7.2	Das Bewusstsein von Säuglingen ab zwei Monaten	114
	Literatur	120
8	Schmerz	123
8.1	Schmerzhafte Eingriffe auf der Kinderstation	123
8.2	Schmerzwahrnehmung im Gehirn	125
8.3	Fetaler und perinataler Schmerz	126
8.4	Neonataler Schmerz	127
8.5	Schmerzwahrnehmung	128
8.6	Schmerzverarbeitung bei Früh- und Termingeborenen	129
8.7	Schmerzlinderung bei Neugeborenen	130
8.8	Langzeitfolgen von neonatalem Schmerz	131
	Literatur	131
9	Sprache und Musik	133
9.1	Der Sprachinstinkt	133
9.2	Fetales Lernen	135
9.3	Das frühkindliche Gehirn: ein Wortmagnet	136
9.4	Das Sprachorgan	137
9.5	Spracherwerb	138
9.6	Weltbürger werden zu Nationalisten	139
9.7	Kleinkinder und neue Medien	140
9.8	Musik	141
	Literatur	144
10	Gene und Eltern	145
10.1	Genetischer Determinismus	145
10.2	Instruktionismus	146
10.3	Selektion und Instruktion	146
10.4	Epigenetik	147

XII Inhaltsverzeichnis

10.5	Hungersnot in der Gebärmutter	149
10.6	Prägung	151
10.7	Vernachlässigung von Säuglingen	152
10.8	Das elterliche Gehirn	154
	Literatur	155
11	Frühgeburt	157
11.1	Frühchen	157
11.2	Erfolge und Fehlschläge	159
11.3	Unreif geborene Kinder	160
11.4	Neonatale Erkrankungen	161
11.5	Extrem Frühgeborene	162
11.6	Das unreife Gehirn	164
11.7	Folgestudien mit Frühgeborenen	166
11.8	Frühkindliche Folgen	167
11.9	Folgen in der Kindheit	168
11.10	Das jugendliche Gehirn ehemaliger Frühgeborener	169
11.11	Gesichtsblindheit	171
11.12	Isolation im Inkubator und Autismus	172
	Literatur	174
12	Ein Bewusstsein für das Bewusstsein	177
12.1	Der Beginn des menschlichen Lebens	177
12.2	Ethik an der Grenze der Lebensfähigkeit: eine internationale Perspektive	178
12.3	Die ersten Atemzüge	179
12.4	Einsetzen des Bewusstseins	180
12.5	Ein Bewusstsein für das Bewusstsein	182
12.6	Die Känguru-Methode	184
12.7	Fazit	185
	Literatur	186
	Sachverzeichnis	187

Über den Autor

Hugo Lagercrantz, M.D., Ph.D., Dr.h.c., ist Seniorprofessor für Pädiatrie am Karolinska-Institut in Stockholm, Schweden, und Chefredakteur der *Acta Paediatrica*. Zudem ist er Ehrenmitglied der American Pediatric Society. Er war Leiter des Neugeborenenprogramms am Astrid-Lindgren-Kinderkrankenhaus in Stockholm. Er war Mitglied der Nobel Assembly und Vorsitzender der Schwedischen Gesellschaft für Pädiatrie und der European Society for Pediatric Research. Er hat mehr als 300 wissenschaftliche Peer-Review-Arbeiten veröffentlicht und sieben Bücher zu Themen wie Atemphysiologie und Neugeborenen-Neurologie herausgegeben. Er fand heraus, dass Säuglinge bei der Geburt stark erhöhte Stresshormonwerte aufweisen („*the stress of being born*“). Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen demonstrierte er eine hohe spontane Gehirnaktivität bei Neugeborenen, die dem „Bewusstseinsstrom“ entsprechen könnte.



1

Die Entstehung des Bewusstseins und die grundlegende Architektur des Gehirns

Inhaltsverzeichnis

1.1	Die Neuronentheorie	4
1.2	Induktion des Gehirns	5
1.3	Die grundlegende Architektur des Gehirns.	9
1.4	Genomkonstruktion.	11
1.5	Die Parsimonie genetischer Informationen.	12
1.6	Die Suche nach den homöotischen Genen	13
1.7	Genregulierung	15
1.8	Genotyp-Umwelt-Interaktion.	16
	Literatur	17

Aristoteles (384–322 v. Chr.) glaubte, dass das Leben eines Jungen 40 Tage und das eines Mädchens 90 Tage nach der Empfängnis beginnt [1]. Er vermutete, dass der menschliche Körper aus einer unstrukturierten Masse aus Spermia und Menstruationsblut gebildet wird. Platon (427–347 v. Chr.) hingegen war der Ansicht, dass der Mensch schon bei der Empfängnis geformt wird. Diese These wurde im siebzehnten Jahrhundert von Nicolaus Hartsoeker unterstützt, der sicher war, unter dem ersten von Antonie van Leeuwenhoek gebauten Mikroskop im Kopf eines Spermiums einen winzigen Fötus-Körper erkannt zu haben (Abb. 1.1).

Vor der Entdeckung der fetalen Herzaktivität galten häufig die ersten Atemzüge als Beginn eines Menschenlebens, da Aristoteles glaubte, die Seele befinde sich im Herzen. Er nahm an, dass visuelle und akustische Eindrücke über die Luft direkt ins Herz transportiert würden. Aufgabe des Gehirns

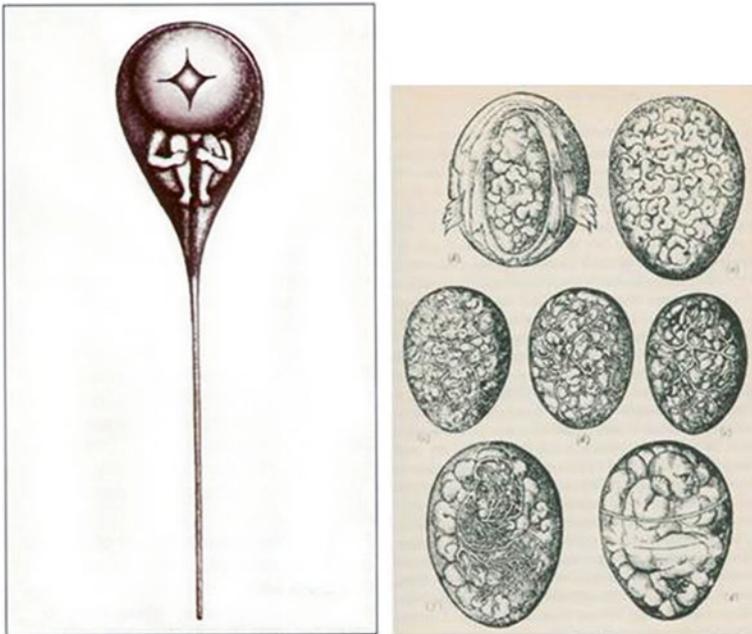


Abb. 1.1 Links: Ein Mini-Fötus im Kopf eines Spermiums nach Hartsoeker. Rechts: Entstehung des Fötus aus einer amorphen Masse nach Aristoteles

sei es, diese Luft zu kühlen. Das altgriechische Wort für Luft, *pneuma*, und das lateinische *spiritus* bedeutet in beiden Sprachen auch „Geist“. Sinnesindrücke wurden also vermeintlich über die *pneuma* übertragen, und entsprechend begann das Leben eines Neugeborenen erst mit seinen ersten Atemzügen. Dieses Konzept wird auch von Leonardo da Vinci in den Kommentaren zu seinen berühmten Zeichnungen zur Fötusentwicklung beschrieben (Abb. 1.2).

Der hellenistische Arzt Galen (129–200 n. Chr.) teilte Aristoteles' Meinung jedoch nicht. Er bezweifelte, dass die Aufgabe des Gehirns allein auf das Kühlen „der Leidenschaften des Herzens“ beschränkt sein könnte.

Es dauerte jedoch noch lange, bis man herausfand, dass das Gehirn das Organ ist, mit dem wir denken und in dem sich das Bewusstsein oder die Seele befindet [2]. Ein erster großer Fortschritt war das Werk *De humani corporis fabrica* des flämischen Anatomen Andreas Vesalius (1514–1564), das detaillierte Zeichnungen des menschlichen Körpers und Gehirns enthält, die er auf Grundlage seiner Sektionen im anatomischen Theater in Padua anfertigte. Schon der Titel deutet auf einen Paradigmenwechsel hin: Der menschliche Körper galt nicht länger als Abbild Gottes, sondern als Fabrik oder Werkstatt.

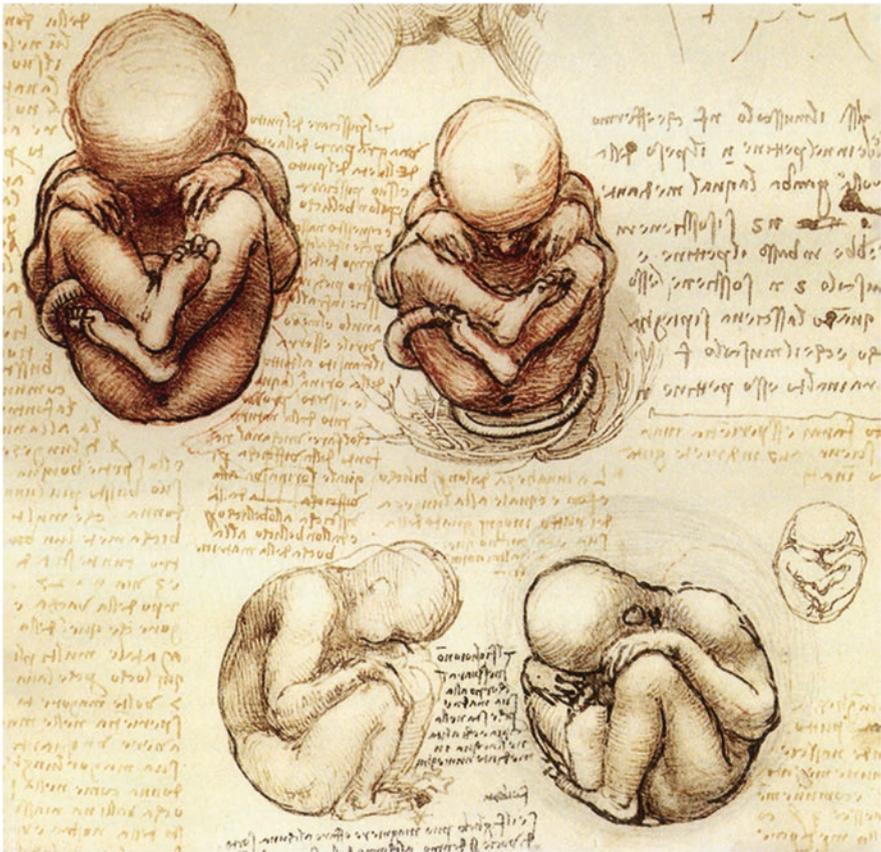


Abb. 1.2 Fötus-Zeichnungen von Leonardo da Vinci. Veröffentlicht mit freundlicher Genehmigung der Hagströmer-Bibliothek

Geteilt wurde diese Ansicht von René Descartes (1596–1650) – allerdings mit Ausnahme der Seele, die er für immateriell und mit der Epiphyse verbunden hielt.

Der große Durchbruch gelang schließlich dem britischen Arzt Thomas Willis (1621–1675) auf Basis seiner Untersuchungen an Enthaupteten. Er fand heraus, dass sich das Gehirn aus grauer Substanz zusammensetzt, in der das Denken stattfindet, und aus weißer Substanz, die die neuronalen Impulse an die Organe leitet (Abb. 1.3). Zudem glaubte er, dass sich die Seele im *Corpus striatum* befindet, nicht weit unterhalb der Epiphyse, in der Descartes die Seele vermutete. Der Erzbischof von Canterbury jedoch beharrte darauf, dass die Seele immateriell sei, und verurteilte diese Thesen daher.

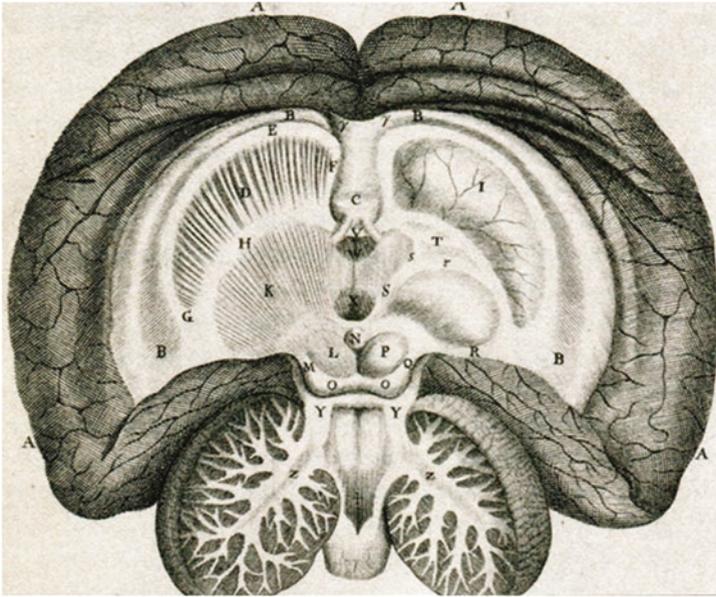


Abb. 1.3 Thomas Willis glaubte, dass das Denken in der grauen Substanz des Gehirns stattfindet. Zeichnung von Christopher Wren

1.1 Die Neuronentheorie

Als das Gehirn zum ersten Mal unter dem Mikroskop untersucht wurde, nahm man an, es handle sich um ein Nervennetz. Der italienische Anatom Camillo Golgi (1844–1926) entwickelte eine neue Methode zum Färben von Nervenzellen mit Silbernitrat. Dabei wurde ein Teil der Nerven schwarz gefärbt, sodass sich die Neuronen leichter beobachten ließen. Anhand von Golgis Methode zeigte der spanische Arzt Ramón y Cajal (1852–1934), dass es sich bei den Nervenzellen um separate Einheiten handelt, die durch sogenannte „protoplasmatische Küsse“ verbunden sind. Heute sind uns diese Verknüpfungen als Synapsen bekannt [3]. Das war die Geburtsstunde der Neuronentheorie. Cajal arbeitete auf eigene Faust zunächst in Sevilla und später in Madrid. Er wollte ursprünglich Künstler werden, nutzte sein Talent dann aber, um kunstvolle Zeichnungen von Nervenzellen anzufertigen. Am liebsten untersuchte er die Gehirne von Säuglingen, da bei ihnen „der Wald nicht so dicht ist“. Er zeigte, dass unreife Nervenzellen niederer Tiere und menschlicher Embryonen weniger Verschaltungen aufweisen (Abb. 1.4).

Als seine Artikel, die er mit seinen kunstvollen Zeichnungen illustrierte, ins Deutsche und Französische übersetzt wurden, fanden seine Erkenntnisse weitere

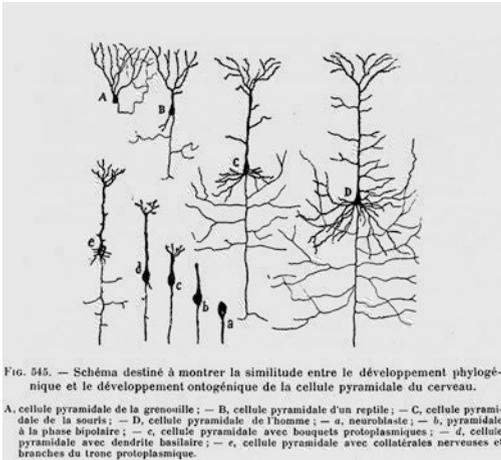


Abb. 1.4 Links: Pyramidenzellen entwickeln in der Phylogenese und Embryogenese ein längeres Axon und mehr Dendriten. Rechts: Ramón y Cajal in seinem Labor. Siehe [3]. Aus der Hagströmer-Bibliothek

Beachtung, und 1906 erhielt er gemeinsam mit Camillo Golgi den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin. Golgi jedoch widersprach der Neuronentheorie und bestand weiterhin darauf, dass das Gehirn aus einem Netz, oder Synzytium, von Nervensträngen bestehe. Selbst in seiner Nobelpreisrede konnte er es nicht lassen, Ramón y Cajals Theorie zu verunglimpfen.

1.2 Induktion des Gehirns

Eine interessante Frage lautet: Wie differenzieren sich die unspezifischen Zellen in den Keimschichten zu Nerven-, Darm- oder Blutzellen? Diesem Problem widmete sich der deutsche Zoologe Hans Spemann (1869–1941) [4]. Er untersuchte sehr frühe Embryonen, um herauszufinden, wie sich Zellen differenzieren. Allerdings standen ihm für seine Arbeit nicht so feine Mikromanipulationsinstrumente zur Verfügung, wie es sie heute gibt. Doch mithilfe eines feinen Haares seiner neugeborenen Tochter gelang es ihm, die Zellen zu handhaben und zu teilen (Abb. 1.5). So stellte Spemann fest, dass das Gewebe in einer Schicht Zellen einer anderen Schicht induzieren kann, sich auf eine bestimmte Rolle zu spezialisieren. Diese Induktion ist entscheidend für die direkte Entwicklung von benachbartem Gewebe.

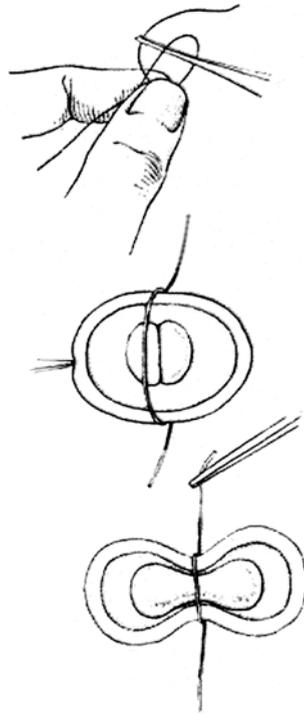


Abb. 1.5 Hans Spemann benutzte ein Haar seiner Tochter, um eine amphibische Zygote zu teilen

Bei einem Vortrag im Jahr 1922 zog seine Forschung das Interesse einer jungen Frau namens Hilde Pröscholdt (später verheiratete Mangold) auf sich, die sich daraufhin um eine Stelle in seinem Labor bewarb. Ihre Eltern wollten, dass sie Kochen lernte, um Hausfrau und Mutter zu werden, doch Hilde interessierte sich für theoretischere Fragen. Sie widmete sich zunächst der Kunst, fand dann aber die Zoologie, wie sie Professor Spemann lehrte, spannender. Nach kurzem Zögern nahm er sie als Forschungsstudentin an seinem Institut in Freiburg an.

Ihre ersten experimentellen Untersuchungen schlugen fehl. Nach etwa einem halben Jahr bat sie der Professor, ein Stück eines Molchembryos in einen anderen Embryo zu transplantieren, um seiner Idee der Induktion weiter nachzugehen. Diese Experimente waren überaus kompliziert. Mithilfe einer Augenbrauenpinzette musste die junge Wissenschaftlerin den winzigen Urmund, oder Blastoporus, aus einem Spenderembryo entnehmen und in einen Empfängerembryo einsetzen. Nach mehr als 100 Versuchen gelang es ihr endlich. Das Ergebnis war ein Erfolg: Einige Embryonen, die das

Transplantat erhielten, entwickelten zwei Köpfe mit Gehirnen (Abb. 1.6). Das wäre nicht weiter erstaunlich, hätten sich die Zellen des Spenderembryos bereits zu einer Anlage eines Gehirns differenziert. Doch dann führte das Forscherduo eine geniale Studie durch, bei der sie Transplantate von eingefärbten Molchembryonen in einen Spender ohne Färbung übertrugen. Obwohl die Zellen des Transplantats dabei abstarben, bildete sich ein zusätzlicher Kopf. Dies bestätigte Spemanns Theorie, dass die Zellen eines Embryos zur Differenzierung veranlasst werden können. Sie postulierten, dass diese Zellen eine Substanz freisetzen, die die Transformation induziert. Dieser Faktor wird als Spemann-Organisator bezeichnet.

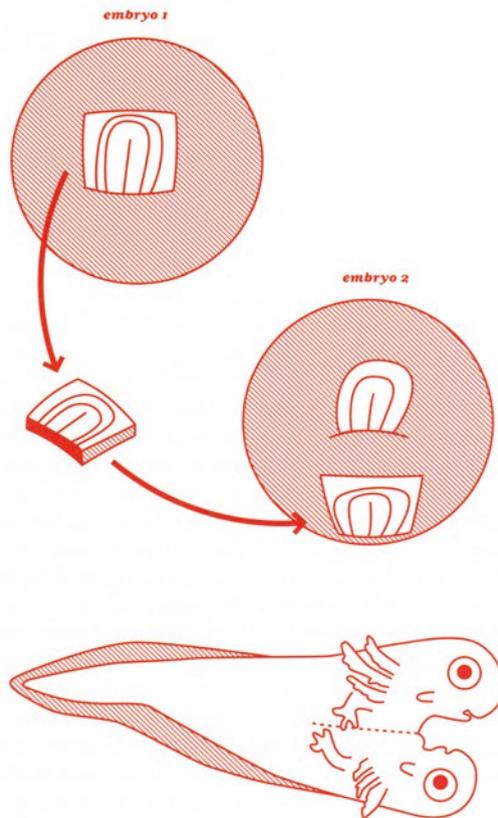


Abb. 1.6 Transplantation eines Blastoporus von einem Molch in einen anderen, der daraufhin zwei Köpfe ausbildete. Da der Spenderembryo eine andere Färbung aufwies, konnten die Zellen unterschieden werden. Die Spenderzellen waren abgestorben, sodass Spemann und Mangold postulierten, dass eine bestimmte Substanz aus diesen Zellen – der Spemann-Organisator – die Bildung des Gehirns veranlasste

Diese Entdeckung galt als so bedeutend, dass Hans Spemann (Abb. 1.7) 1935 den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin erhielt. Als während der Nazizeit seine jüdischen Studenten exmatrikuliert wurden, legte Spemann beim Rektor seiner Universität Beschwerde ein (Kap. 3). Der Rektor – kein Geringerer als der Freiburger Philosoph Martin Heidegger – unterschrieb seine Antwort nicht wie damals üblich mit „Heil Hitler“, weil er wusste, dass Spemann dies nicht gefallen hätte. Spemann schied etwas früher als erwartet aus dem Dienst aus und starb 1941.

Doch was geschah mit Hilde Mangold (Abb. 1.7)? Sie legte eine Doktorarbeit vor, die diese Studien beinhaltete. Für ihre Promotion musste sie auch eine Prüfung in Philosophie absolvieren, die sie bei dem berühmten Philosophen Edmund Husserl ablegte. Da dieser ein Pionier in der Bewusstseinsforschung war, ist es nicht unwahrscheinlich, dass die beiden auch die Frage von Gehirn und Geist diskutiert haben. Hilde verteidigte ihre Doktorarbeit erfolgreich und heiratete einen jungen Kollegen – Otto Mangold. Die beiden bekamen einen

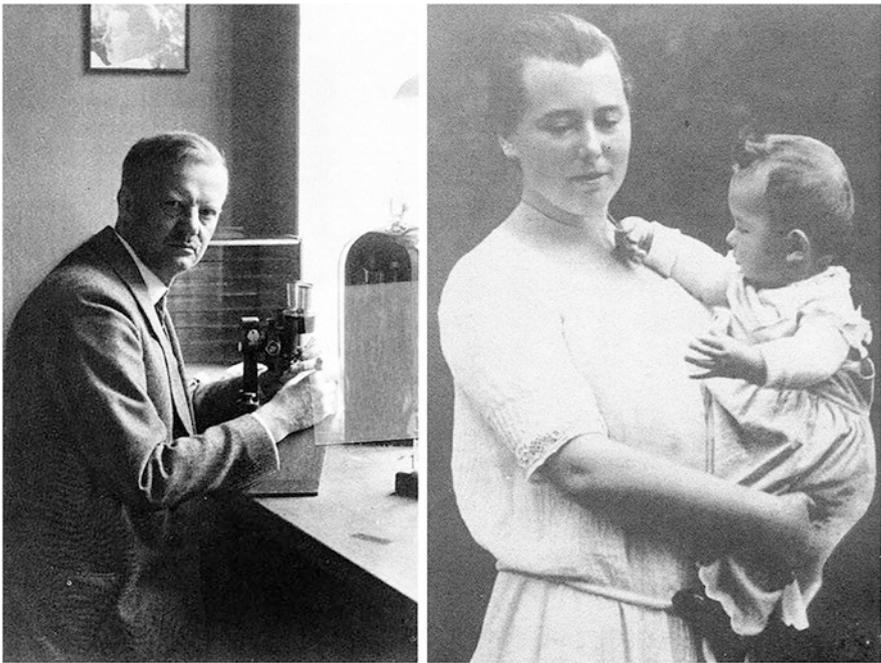


Abb. 1.7 Links: Hans Spemann (1869–1941) entdeckte das Phänomen der Induktion: den Mechanismus, durch den sich Zellen in einem Embryo spezialisieren. Rechts: Gemeinsam mit Hilde Mangold zeigte er, wie durch Transplantation eines Teils eines Molchembryos in einen anderen ein Kopf und ein Gehirn induziert werden können. Verwendung der Fotos mit freundlicher Genehmigung des Freiburger Universitätsmuseums