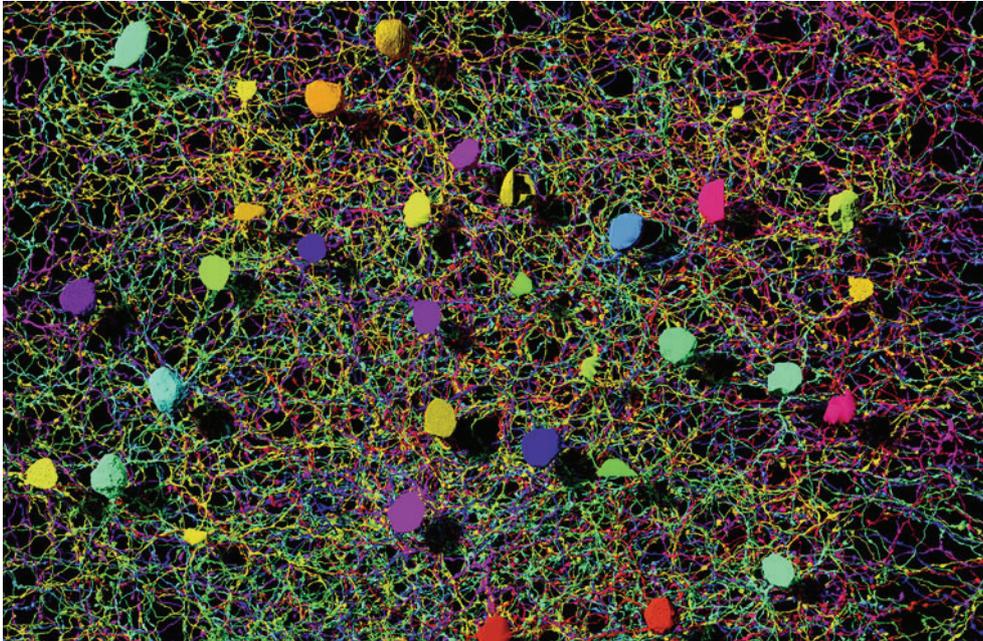




Neuronen und Gliazellen

2



Einführung	26
Die Neuronendoktrin	26
Die Grundstruktur von Neuronen	29
Klassifizierung von Neuronen	49
Gliazellen	50
Abschließende Bemerkungen	56
Wiederholungsfragen	56
Literatur	56

Einführung

Alle Gewebe und Organe des Körpers bestehen aus Zellen. Die spezialisierten Funktionen von Zellen und ihre Art der Wechselwirkung untereinander bestimmen die Funktionen der Organe. Das Gehirn ist mit Sicherheit das ausgefeilteste und komplizierteste Organ, das die Natur hervorgebracht hat. Aber die grundlegende Vorgehensweise, wie seine Funktionen entschlüsselt werden, unterscheidet sich nicht von derjenigen für das Pankreas oder die Lunge. Wir müssen damit beginnen, herauszufinden, wie Gehirnzellen einzeln funktionieren, um dann zu ermitteln, wie sie im Zusammenschluss arbeiten. In der Neurowissenschaft ist es nicht notwendig, zwischen *Geist* und *Gehirn* zu trennen: Sobald wir die individuellen und gemeinsam wirkenden Aktivitäten der Gehirnzellen verstehen, können wir auch die Ursprünge unserer geistigen Fähigkeiten erkennen. Der Aufbau dieses Buches spiegelt diese Grundannahme wider. Wir beginnen mit den Zellen des Nervensystems – ihrer Struktur, Funktion und ihren Kommunikationsweisen. In weiteren Kapiteln werden wir untersuchen, wie diese Zellen zu Schaltkreisen zusammengesetzt sind, die Sinneswahrnehmung, Empfindung, Bewegung, Sprache und Gefühle vermitteln.

In diesem Kapitel befassen wir uns mit der Struktur der verschiedenen Zelltypen im Nervensystem: *Neuronen* und *Gliazellen*. Unter diese weit gefassten Kategorien fallen viele Zelltypen, die sich in Bezug auf ihre Struktur, Chemie und Funktion unterscheiden. Dennoch ist die Unterscheidung zwischen Neuronen und Gliazellen wichtig. Obwohl das Gehirn in etwa gleich viele Neuronen wie Gliazellen enthält (jeweils etwa 85 Mrd.), sind die Neuronen für die einzigartigen Funktionen unseres Gehirns am wichtigsten. Es sind die **Neuronen**, die Veränderungen der Umgebung wahrnehmen, diese Veränderungen anderen Neuronen mitteilen und die körperlichen Reaktionen auf diese Wahrnehmungen auslösen. **Gliazellen** tragen zur Gehirnfunktion vor allem dadurch bei, dass sie benachbarte Neuronen isolieren, stützen und ernähren. Wäre das Gehirn ein Keks mit Schokoladenstücken, dann wären die Neuronen die Schokoladenstücke und die Gliazellen der Teig, der den übrigen Raum ausfüllt und bewirkt, dass die Schokoladenstücke an Ort und Stelle gehalten werden. Tatsächlich wurde der Begriff „Glia“ von dem griechischen Wort für Leim abgeleitet. Dies vermittelt den Eindruck, die Hauptfunktion dieser Zellen bestehe darin zu verhindern, dass uns das Gehirn aus den Ohren fließt. Auch wenn diese einfache Betrachtungsweise der Bedeutung der Gliazellen nicht gerecht wird, wie wir später in diesem Kapitel noch sehen werden, sind wir uns doch sicher, dass die Informationsverarbeitung im Gehirn überwiegend von Neuronen durchgeführt wird, und daher werden wir uns auch hauptsächlich mit Neuronen beschäftigen.

Die Neurowissenschaft hat, wie andere Gebiete auch, eine eigene Sprache. Um diese Sprache anwenden zu können, muss man das Vokabular erlernen. Wenn Sie dieses Kapitel gelesen haben, nehmen Sie sich einige Minuten Zeit, um die Liste der Schlüsselbegriffe zu wiederholen, und vergewissern Sie sich, dass Sie ihre Bedeutung verstanden haben. Ihr Wortschatz der Neurowissenschaft wird sich zunehmend erweitern, während Sie das Buch durcharbeiten.

Die Neuronendoktrin

Um die Struktur von Gehirnzellen zu untersuchen, mussten Wissenschaftler mehrere Hindernisse überwinden. Das erste war die geringe Größe. Die meisten Zellen haben einen Durchmesser von 0,01–0,05 mm. Die Spitze eines ungespitzten Bleistifts misst etwa 2 mm, Neuronen sind also 40- bis 200-mal kleiner. (Tab. 2.1 enthält eine Übersicht über das metrische System.) Da Neuronen mit dem bloßen Auge nicht zu erkennen sind, waren vor der Entwicklung des zusammengesetzten Mikroskops im späten 17. Jahrhundert Fortschritte in der Neurowissenschaft unmöglich. Selbst danach bestanden weitere Hindernisse. Um Gehirngewebe mithilfe eines Mikroskops betrachten zu können, musste man sehr dünne Schnitte herstellen, im Idealfall nicht dicker als der Zellendurchmesser. Gehirngewebe hat jedoch eine Konsistenz wie Wackelpudding – nicht fest genug für dünne Schnitte. Die

Tab. 2.1 Längeneinheiten im metrischen System

Längeneinheit	Abkürzung	Angabe in Meter	Zum Vergleich
Kilometer	km	10^3 m	Etwa die Länge von 10 Fußballfeldern
Meter	m	1 m	Etwa die Schrittlänge eines Menschen
Zentimeter	cm	10^{-2} m	Dicke des kleinen Fingers
Millimeter	mm	10^{-3} m	Dicke eines Zehennagels
Mikrometer	μm	10^{-6} m	Nahe der Auflösungsgrenze eines Lichtmikroskops
Nanometer	nm	10^{-9} m	Nahe der Auflösungsgrenze eines Elektronenmikroskops

Untersuchung der Anatomie von Gehirnzellen musste also noch auf die Entwicklung einer Methode warten, das Gewebe zu verfestigen, ohne seine Struktur zu zerstören, und auf ein Instrument zur Erzeugung sehr dünner Schnitte. Im frühen 19. Jahrhundert entdeckten Wissenschaftler, wie man Gewebe härten oder „fixieren“ kann, indem man es in Formaldehyd einlegt, und sie entwickelten eine spezielle Vorrichtung namens Mikrotom, um sehr dünne Schnitte herzustellen.

Diese technischen Fortschritte eröffneten das Gebiet der **Histologie**, der mikroskopischen Untersuchung der Gewebestruktur. Aber Wissenschaftler, die das Gehirn untersuchen, waren noch mit einem weiteren Hindernis konfrontiert: Frisch präpariertes Gehirn sieht unter dem Mikroskop einheitlich cremefarben aus. Das Gewebe zeigt keine Unterschiede in der Pigmentierung, die es den Histologen ermöglichen würden, einzelne Zellen voneinander abzugrenzen. Der endgültige Durchbruch in der Neurohistologie war die Einführung von Färbemethoden, mit denen sich einzelne Zellteile im Hirngewebe markieren ließen.

Eine dieser Färbemethoden, die auch heute noch Anwendung findet, wurde vom deutschen Neurologen Franz Nissl im späten 19. Jahrhundert entwickelt. Nissl zeigte, dass basische Farbstoffe einer bestimmten Klasse die Zellkerne aller Zellen sowie Materialansammlungen um die Zellkerne von Neuronen herum anfärben (Abb. 2.1). Diese Ansammlungen bezeichnet man als *Nissl-Schollen*, die Methode als die **Nissl-Färbung**. Sie ist aus zwei Gründen besonders hilfreich: Zum einen lassen sich Neuronen und Gliazellen voneinander unterscheiden, zum anderen können Histologen so die Anordnung oder **Cytoarchitektur** von Neuronen in verschiedenen Teilen des Gehirns untersuchen. (Die Vorsilbe *Cyto-* stammt von dem griechischen Wort für Zelle.) Die Untersuchung der Cytoarchitektur führte zu der Erkenntnis, dass das Gehirn aus vielen spezialisierten Regionen besteht. Wir wissen jetzt, dass jede Region eine eigene Funktion hat.

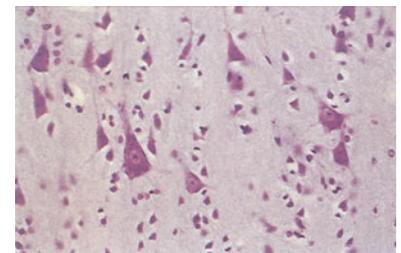


Abb. 2.1 Neuronen nach Nissl-Färbung. Ein Dünnschnitt von Hirngewebe wurde mit dem Nissl-Farbstoff Kresylviolett gefärbt. Die Ansammlungen von stark gefärbtem Material um die Zellkerne sind Nissl-Schollen. (Hammersen 1980, Abb. 493)

Die Golgi-Färbung

Die Nissl-Färbung liefert jedoch nicht alle Informationen. Ein nach Nissl gefärbtes Neuron sieht nicht wesentlich anders aus als eine Ansammlung von Protoplasma mit einem Zellkern darin. Neuronen sind jedoch viel mehr als das. Wie viel mehr, konnte man erst erkennen, als die Arbeit des italienischen Histologen Camillo Golgi (Abb. 2.2) publiziert wurde. 1873 entdeckte Golgi, dass bei Einlegen von Hirngewebe in eine Silberchromatolösung – eine Methode, die man heute als **Golgi-Färbung** bezeichnet – ein geringer Anteil der Neuronen vollständig dunkel gefärbt wird (Abb. 2.3). Das zeigte, dass der neuronale Zellkörper – also der Bereich des Neurons um den Zellkern, der bei der Nissl-Färbung sichtbar wird – tatsächlich nur einen geringen Teil der Gesamtstruktur eines Neurons darstellt. Abb. 2.1 und 2.3 demonstrieren, wie verschiedene histologische Färbemethoden deutlich unterschiedliche Ansichten desselben Gewebes liefern können. Heute ist die Neurohistologie weiterhin ein aktives Gebiet der Neurowissenschaft, und hier gilt das Credo: „*The gain in brain is mainly in the stain*“ („Der Wissenszuwachs beim Gehirn ist vor allem eine Frage der Färbemethode“).

Die Golgi-Färbung zeigt, dass Neuronen aus mindestens zwei unterscheidbaren Teilen bestehen: einer Zentralregion, die den Zellkern enthält, und zahlreichen dünnen Fortsätzen, die von der Zentralregion abgehen. Für den zentralen Bereich mit dem Zellkern gibt es



Abb. 2.2 Camillo Golgi (1843–1926). (Finger 1994, Abb. 3.22)