



# Leseprobe

Karl Deisseroth

## Der Stoff, aus dem Gefühle sind

Über den Ursprung menschlicher Emotionen

---

Bestellen Sie mit einem Klick für 24,00 €



---

Seiten: 304

Erscheinungstermin: 01. November 2021

Mehr Informationen zum Buch gibt es auf

[www.penguinrandomhouse.de](http://www.penguinrandomhouse.de)

# Inhalte

- Buch lesen
- Mehr zum Autor

## Zum Buch

---

### **Albert-Lasker-Preis 2021 für Karl Deisseroth**

»Ein Meisterwerk, das für uns alle geschrieben wurde.« Patricia Churchland, Professorin für Philosophie

»Karl Deisseroth verwebt Neurowissenschaften und Lebensgeschichten auf völlig neue Weise: zugleich technisch, poetisch und zutiefst einfühlsam.« Lucy Kalanithi, Professorin für Medizin

»Ein einfühlsamer Psychiater und ein fesselnder Autor, der urmenschliche Gefühle mit tief schürfenden Einsichten aus der führenden Psychiatrie und Neurowissenschaft zusammenführt.« Robert Lefkowitz, Chemie-Nobelpreisträger

Warum fühlen wir? Wie entstanden unsere Emotionen? Welche Geheimnisse birgt das ganze Spektrum unserer Gefühlswelten? Ein außergewöhnliches, erhellendes und mitreißendes Werk - über Lebensgeschichten und die Geschichte allen menschlichen Lebens.



### **Autor**

## **Karl Deisseroth**

---

Karl Deisseroth ist Professor für Biotechnik und Psychiatrie. Er studierte in Harvard, u.a. Creative Writing, und unterrichtet heute an der Stanford University. Neben seiner Lehr- und Forschungsarbeit war er jahrelang in der ambulanten Psychiatrie tätig, und nach wie vor behandelt er z.B. Menschen mit

KARL DEISSEROTH

**Der  
Stoff,  
aus dem  
Gefühle  
sind**

KARL DEISSEROTH

**Der  
Stoff,  
aus dem  
Gefühle  
sind**

**Über den Ursprung  
menschlicher Emotionen**

Aus dem Englischen  
von Jürgen Neubauer

Blessing

Originaltitel: PROJECTIONS – A Story of Human Emotions  
Originalverlag: Random House, Penguin Random House LLC, New York

Sollte diese Publikation Links auf Webseiten Dritter enthalten,  
so übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung,  
da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich  
auf deren Stand zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® Noo1967

1. Auflage, 2021

Copyright © 2021 by Karl Deisseroth

Copyright © 2021 by Karl Blessing Verlag, München,  
in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,  
Neumarkter Str. 28, 81673 München

Umschlaggestaltung: geviert.com, Nastassja Abel

Umschlagabbildung: © Mark Owen/Trevillion Images

Redaktion: Barbara Häusler

Satz: Leingärtner, Nabburg

Druck und Einband: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN: 978-3-89667-651-1

[www.blessing-verlag.de](http://www.blessing-verlag.de)

*Für unsere Familie*

*Ich schenke dir die Erinnerung an eine gelbe Rose zu Sonnenaufgang,  
Jahre vor deiner Geburt.*

*Ich schenke dir Erklärungen deiner selbst, Theorien über dich selbst,  
wahre und wundersame Kunde von dir selbst.*

*Ich biete dir meine Einsamkeit, meine Finsternis,  
den Hunger meines Herzens; ich bestechte dich mit Ungewissheit,  
mit Gefahr, mit Niederlage.*

JORGE LUIS BORGES, *TWO ENGLISH POEMS*

# **INHALT**

<b>Vorwort</b>	<b>11</b>
<b>1 Tränenhort</b>	<b>29</b>
<b>2 Ausbruch</b>	<b>69</b>
<b>3 Fassungsvermögen</b>	<b>89</b>
<b>4 Wunde Haut</b>	<b>133</b>
<b>5 Faradayscher Käfig</b>	<b>163</b>
<b>6 Verzehrt</b>	<b>205</b>
<b>7 Moro</b>	<b>243</b>
<b>Epilog</b>	<b>267</b>
<b>Dank</b>	<b>285</b>
<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>287</b>



## VORWORT

*Nach Lärm, Licht und Hitze,  
Erinnerung, Wille und Verstehen*

JAMES JOYCE, *FINNEGANS WAKE*

Im Weberhandwerk bezeichnet man als Werft die tragenden, fest im Ursprung verankerten Kettfäden, die beim Weben das Gerüst für die Schussfäden vorgeben. Der Werft weist über den letzten Schuss hinaus in den freien Raum und überspannt die bereits gestaltete Vergangenheit, die flatternde Gegenwart und die noch formlose Zukunft.

Das Tuch der menschlichen Geschichte hat seinen eigenen Werft, der tief in den Schluchten Ostafrikas verankert ist und das vielgestaltige Gewebe des menschlichen Lebens über die Jahrtausende hinweg zusammenhält – Piktogramme vor Landschaften aus zerklüftetem Eis, wilden Wäldern, Stein, Stahl und schimmernden Bodenschätzen.

Unser Geist spannt den Rahmen, auf den die Geschichte jedes Einzelnen gewoben wird. Die ganz eigene Färbung und Textur unseres Tuchs verdankt sich den Schussfäden unserer persönlichen Erlebnisse und Erfahrungen, dem feinen Gespinnst unseres Lebens, dessen komplexe Einzelheiten die Struktur verbergen.

In diesem Buch begegnen wir Menschen, deren Tuch ausfasert, deren Werft bloß und sichtbar vor uns liegt.

Die in diesem Buch geschilderten Fälle stammen aus der verwirrenden Intensität der Notfallpsychiatrie. Um die allen gemein-

same Struktur des menschlichen Geistes sichtbar zu machen, müssen die zerrissenen inneren Zustände so getreu wie möglich dargestellt werden. Um das wahre Wesen dieser Erfahrungen zu erfassen, ihre Färbung und Seele, beschreibe ich die Symptome der Patienten gänzlich ungeschminkt, auch wenn ich nebensächliche Details verändere, um die Anonymität der Patienten zu wahren.

Genauso real ist die hier vorgestellte neurowissenschaftliche Technologie, auch wenn sie gelegentlich an Science-Fiction erinnern und zutiefst beunruhigend wirken mag. Die hier beschriebenen Verfahren, welche die psychiatrische Arbeit ergänzen, indem sie ganz eigene Einblicke in das menschliche Gehirn liefern, stammen aus der aktuellen Forschung und kommen in Labors in aller Welt zum Einsatz, auch in meinem eigenen.

Doch Medizin und Wissenschaft reichen nicht aus, um unser subjektives inneres Erleben zu beschreiben. Daher schildere ich einige der Fälle nicht aus dem Blickwinkel des Arztes und Wissenschaftlers, sondern aus dem der Patienten – manchmal in der ersten oder dritten Person, manchmal auch mithilfe einer veränderten Sprache, die ihren veränderten Bewusstseinszuständen gerecht werden soll. Wo ich die Gedanken, Gefühle und Erinnerungen eines Menschen auf diese Weise ausleuchte, gibt der Text nicht die Wissenschaft wieder, sondern den Versuch, mit aller gebotenen Sorgfalt, Achtung und Bescheidenheit und mithilfe meiner Vorstellungskraft mit Stimmen zu kommunizieren, die ich nie direkt gehört habe, sondern nur aus ihrem Nachhall erspüre. Eine der zentralen Herausforderungen der Psychiatrie besteht tatsächlich darin, unkonventionelle Wirklichkeiten aus Sicht der Patienten wahrzunehmen und nachzuempfinden und hinter die Verzerrungen von Subjekt und Objekt vorzudringen. Doch die wahre Stimme der Verstorbenen und Verstummtten, der Leidenden und Verlorenen wird für immer ungehört bleiben.

Die Vorstellungskraft mag unzuverlässig sein, doch auch die modernen Neurowissenschaften und die Psychiatrie haben für sich genommen ihre Grenzen. Zum Verständnis von Patienten scheinen mir literarische Texte oft ebenso wichtig, und ihre Einblicke verraten mir oft mehr über den menschlichen Geist als jedes moderne Mikroskop. Zum Verständnis des Menschen ist mir die Literatur bis heute genauso wichtig wie die Wissenschaft, und sooft ich kann, gehe ich meiner großen Leidenschaft, dem Schreiben, nach – auch wenn diese Leidenschaft jahrelang nur unter Wissenschaft und Medizin verschüttet schwelte.

Somit geben drei eigenständige Sichtweisen – Psychiatrie, Vorstellungskraft und Technik – zusammen den gedanklichen Rahmen vor, was damit zu tun haben könnte, dass sie so wenig gemeinsam haben.

Die erste Achse ist die Geschichte eines Psychiaters, erzählt durch eine Reihe klinischer Begegnungen mit jeweils ein oder zwei Menschen. So wie beim Zerfasern des Gewebes dessen verborgene Struktur erkennbar wird (oder sich aus der Mutation eines Gens seine ursprüngliche Funktion erschließen lässt), erlaubt das Zerrissene den Blick auf das Heile. Auf diese Weise unterstreicht jede der Geschichten, wie das unsichtbare innere Erleben von gesunden Menschen – und vielleicht auch das eines Arztes – im noch kryptischeren und schattenhafteren Erleben von Psychiatriepatienten erkennbar werden kann.

Jede Geschichte zeichnet auch das entstehende innere Erleben von Emotionen, in der Welt von heute und während der Jahrtausende unserer Evolution, über Hindernisse hinweg, zu deren Überwindung vermutlich viele Kompromisse nötig waren. Diese zweite Achse beginnt mit Geschichten von einfachen und uralten Schaltkreisen, die uns das Leben ermöglichen – Zellen, durch die wir atmen, Muskeln bewegen oder die fundamentale Grenze zwischen uns und anderen ziehen.

Aus der ältesten, primitivsten Trennlinie zwischen uns und der Welt – dem äußeren Keimblatt, einer zerbrechlichen Schicht von der Dicke einer einzigen Zelle – entsteht nicht nur die Haut, sondern auch das Gehirn, und an dieser uralten Grenze erleben wir den Kontakt zwischen Menschen in all seinen körperlichen und seelischen Formen, über das gesamte Spektrum hinweg, von gesunden bis zu gestörten Beziehungen.

Die Geschichten erzählen von universellen Empfindungen wie Verlust und Trauer in zwischenmenschlichen Beziehungen; von den tiefen Brüchen in der Grunderfahrung der äußeren Wirklichkeit, wie sie mit Manie und Psychose einhergehen; von den Störungen des Selbst, etwa dem Verlust der Fähigkeit, Freude zu empfinden, wie wir sie aus der Depression kennen, oder dem Verlust der Motivation, uns Nahrung zuzuführen, wie sie mit Essstörungen einhergeht; und vom Verlust des Selbst mit der Demenz am Lebensende. Diese zweite Achse, die Emotionen der subjektiven Innenwelt, beginnt und endet mit der Vorstellungskraft – ob in Geschichten der Prähistorie (Gefühle hinterlassen keine Fossilien; wir wissen nicht, was Menschen in der Vergangenheit gefühlt haben, und versuchen uns daher auch nicht als Evolutionspsychologen) oder der Gegenwart (denn selbst heute haben wir keinen direkten Einblick in das innere Erleben eines anderen Menschen).

Doch wo die messbaren Auswirkungen von Empfindungen über Individuen hinweg konstant sind – soweit wir das mithilfe sorgfältig angewandter Technik beurteilen können –, lassen sich neue Erkenntnisse über das Innenleben unseres Gehirns gewinnen. Auf einer dritten Achse handelt daher jede Geschichte von unserem sich rasch entwickelnden wissenschaftlichen Verständnis, das wir aus Experimenten und Daten von Gesunden und Kranken gewinnen. In den Anmerkungen finden interessierte Leser Hinweise zu den wissenschaftlichen Hintergründen und können je nach ihren persönlichen Interessen den

einen oder anderen Faden nachverfolgen. Hier finden sich auch wichtige wissenschaftliche Quellen, wobei ich nur frei zugängliche Artikel anführe. Diese letzte Achse ist eine wissenschaftliche Ebene für Leser, die zwar kein Fachwissen, wohl aber das Interesse mitbringen.

In diesem Buch geht es also nicht nur um die Erfahrungen eines Psychiaters, die Ursprünge der menschlichen Emotionen und die aktuelle Hirnforschung. Jede dieser drei Sichtweisen ist vielmehr eine Linse, die die Geheimnisse des menschlichen Geistes aus einem anderen Winkel zeigt und einen anderen Blick auf dieselbe Landschaft bietet. Diese unterschiedlichen Perspektiven zu einem Bild zusammenzufügen ist nicht einfach – genauso wenig, wie Mensch sein und Menschheit werden –, sodass dieses Buch letztlich nur ein sehr grobkörniges Bild zeichnen kann.

Mein tiefer Dank gilt meinen Patienten, die uns mit ihren Geschichten diese Einblicke ermöglicht haben, und all denen, deren bekanntes und unbekanntes Leid untrennbar verwoben ist mit dem langen, düsteren, schmerzlichen und mitunter erhabenen Gewebe unserer gemeinsamen Entwicklungsgeschichte.

Da ich als Erzähler – wie wir alle – eher subjektiv als objektiv und nur eine milchige menschliche Linse bin, könnten einige Worte zu mir und meinem Werdegang von Interesse sein. In meiner Kindheit wies nichts darauf hin, dass mich mein Weg in die Psychiatrie oder gar die Biotechnologie führen würde.

Meine Kindheit verbrachte ich vor einer sich ständig verändernden Kulisse in kleinen und großen Städten kreuz und quer durch ganz Nordamerika, immer im Schlepptau meiner rastlosen Familie, die alle paar Jahre umzog. Wie meine Eltern und meine beiden Schwestern hatte ich vor allem ein Hobby: lesen. Ich erinnere mich, wie ich meinem Vater stunden- und tagelang am Stück vorlas, während wir mit dem Auto von Maryland

nach Kalifornien führen. Meine Freizeit verbrachte ich vor allem mit der Nase in Büchern, und wenn ich mit dem Fahrrad zur Schule radelte, hatte ich oft ein Buch auf dem Lenker. Ich las zwar auch Geschichte und Biologie, fand Geschichten und Gedichte jedoch fesselnder. Bis ich auf etwas anderes stieß.

Das erste Seminar an der Universität, zu dem ich mich einschrieb, war ein Kurs in kreativem Schreiben. Gleichzeitig lernte ich im Austausch mit Kommilitonen und in meinen Kursen einen biologischen Ansatz kennen, der bei einzelnen Zellen begann und bis zu komplexen Systemen reichte und der zur Lösung einiger der dunkelsten Geheimnisse des Lebens beitrug. Fragen wie diese schienen lange unbeantwortbar: Wie kann sich aus einer einzelnen Zelle ein ganzer Körper entwickeln? Wie entstehen in den verstreut im Blut treibenden Zellen komplexe Erinnerungen zur Immunität gegen Infektionskrankheiten? Wie lassen sich grundverschiedene Krebsursachen wie Gene, Giftstoffe oder Viren so in einem auf der Zelle basierenden Konzept vereinen, dass man etwas damit anfangen konnte?

Diese unterschiedlichen Gebiete wurden revolutioniert, indem man Erkenntnisse vom Kleinen und Grundlegenden auf das Große und Komplexe übertrug. Das Geheimnis der Biologie bestand offenbar darin, auf die Ebene der Zellen und Moleküle hinabzusteigen und gleichzeitig das gesamte System, den ganzen Körper im Blick zu behalten. Diese Aussicht, diese einfache Überlegung von der Welt der Zellen auf die Geheimnisse des menschlichen Geistes, auf Bewusstsein, Empfindungen und das Erregen von Emotion durch Sprache zu übertragen, erfüllte mich mit Begeisterung, mit einer »rebellischen Vorgewissheit«, wie Toni Morrison sie nennt, diesem allgemein menschlichen Zustand der rastlosen Freude, der sich einstellt, wenn man plötzlich einen Weg vor sich sieht.

In Gesprächen mit Freunden im Wohnheim, die unerklärlicherweise allesamt theoretische Physiker waren, wurde mir

klar, dass dieses Gefühl auch unter Kosmologen verbreitet war, die sich mit astronomischen Dimensionen beschäftigen. Auch sie begannen bei den kleinsten und elementarsten Formen der Materie und bei Kräften, die auf winzigste Entfernungen wirken. Das Ergebnis waren Prozesse und Emotionen, die ebenso himmlisch wie persönlich waren.

Damals kam ich außerdem mit einem rasch expandierenden Gebiet der Informatik in Berührung, den sogenannten neuronalen Netzwerken, die sich damit beschäftigen, wie ein Gedächtnis ohne zentrale Steuerung durch Ansammlungen zellartiger und nur virtuell über Rechenoperationen miteinander verbundener Einheiten entsteht. Wie der Name sagt, wurden diese neuronalen Netzwerke von der Neurobiologie inspiriert. Die Erkenntnisse auf diesem Gebiet sollten Jahrzehnte später eine Revolution der lernenden Maschinen anstoßen, die mittels gewaltiger Ansammlungen zellartiger Einheiten nahezu alle Bereiche der menschlichen Forschung und Information umkremplelt, darunter auch die Neurobiologie, von der sie einst angeregt wurde.

Es scheint, als könnten große Ansammlungen von kleinen vernetzten Einheiten fast alles erreichen – wenn sie nur richtig miteinander verbunden werden.

Ich überlegte, ob sich auch etwas Rätselhaftes wie unsere Emotionen auf der Ebene von Zellen erklären ließe. Was bewirkt starke Regungen und angepasste beziehungsweise fehlangepasste Gefühle in gesunden und kranken Menschen? Oder anders gefragt, was sind diese Gefühle in einem physischen Sinne, auf der Ebene der Zellen und ihrer Verbindungen? Das schien mir eines der größten Geheimnisse des Universums, vielleicht nur noch übertroffen von der Frage nach dem Ursprung und dem Seinsgrund des Universums.

Das menschliche Gehirn war eindeutig der Schlüssel zu diesem Rätsel, denn nur Menschen können ihre Emotionen

angemessen beschreiben. Da ich glaubte, dass die Neurochirurgie einen privilegierten Zugang zum menschlichen Gehirn habe, schien mir dies der logische Zugang und der geeignete Ort, um das menschliche Gehirn zu erforschen und zu heilen. Also schlug ich in meinem Medizinstudium diese Richtung ein.

Wie alle Mediziner musste ich allerdings im praktischen Teil meines Studiums auch einen Abstecher in die Psychiatrie machen. Bis dahin hatte mich dieses Gebiet nicht sonderlich interessiert. Im Gegenteil, es hatte etwas Beunruhigendes an sich. Vielleicht lag es an der scheinbaren Subjektivität der Diagnoseinstrumente, vielleicht auch an einigen persönlichen Themen, denen ich aus dem Weg gegangen war. Was auch immer der Grund gewesen sein mag, die Psychiatrie war das letzte Gebiet, in dem ich meinen Facharzt gemacht hätte. Meine Erfahrungen in der Neurochirurgie hatten mich dagegen beflügelt – ich fühlte mich wohl im Operationsaal, in dem mit Präzision, Intensität und Erregung um Menschenleben gerungen wird. Umso mehr staunten meine Freunde und auch ich selbst, als ich mich stattdessen für die Psychiatrie entschied.

Ich hatte gelernt, das Gehirn als biologisches Objekt zu verstehen – ein aus Zellen aufgebautes und von Blut gespeistes Organ. Doch anders als ein gebrochenes Bein oder ein schwaches Herz ist dieses Organ bei einer psychiatrischen Erkrankung nicht auf sichtbare Weise geschädigt. Die Krankheitsursache ist nicht in der Blutversorgung des Gehirns zu suchen, sondern in seinen verborgenen Kommunikationsprozessen, seiner inneren Stimme. Das lässt sich nicht messen, sondern nur mit Worten erfassen – denen der Patienten und unseren.

Die Psychiatrie beschäftigt sich mit den tiefsten Geheimnissen der Biologie und vielleicht des gesamten Universums, und nur Worte – meine erste und größte Leidenschaft – konnten den Zugang zu ihnen eröffnen. Nachdem ich diese Verbindung



erkannt hatte, schlug ich einen vollkommen neuen Weg ein. Und wie so viele radikale Wendungen begann auch diese mit einem außergewöhnlichen Erlebnis.

An meinem ersten Tag in der Psychiatrie saß ich im Schwesternzimmer und blätterte in einer neurowissenschaftlichen Fachzeitschrift, als es auf dem Flur laut wurde und ein Patient – ein großer, dürrer Mittvierziger mit spärlichem Bartwuchs – hereinplatzte, obwohl die Tür eigentlich abgeschlossen sein sollte. Mit vor Angst und Wut weit aufgerissenen Augen stand er vor mir und starrte mich an. Mein Magen krampfte sich zusammen, als er anfing, auf mich einzubrüllen.

Als Großstädter war ich es gewohnt, dass Menschen mitunter sonderbare Dinge von sich geben. Aber dies war keine Zufallsbegegnung auf der Straße. Dieser Patient wirkte hellwach, keineswegs umnebelt. Sein Erleben war stabil und klar, aus seinen Augen leuchtete der Schmerz, seine Angst war echt. Mit der gebrochenen Stimme, die ihm noch blieb, und mit großem Mut stellte er sich der Bedrohung.

Was er sagte, war kreativ in seinem Leid, seine Formulierungen entzogen sich jeder herkömmlichen Semantik und schienen allein auf kommunikative Wirkung bedacht zu sein, hatten ihre ganz eigene Grammatik und Ästhetik. Obwohl wir uns noch nie begegnet waren, schien er zu glauben, dass ich ihn verletzt hatte. Er ging mich auf direkte Weise an, allerdings mit Lauten und Gefühlen, die jenseits von Syntax und Sinn zusammenhingen. Dabei verwendete er eine Wortschöpfung, die von James Joyce hätte stammen können, *telmetale – Erzähl-mir-Geschichte –*, das war *Finnegans Wake* in der geschlossenen Abteilung. Ich saß wie erstarrt, und während er sprach, schaltete mein Gehirn um. Seine Worte brachten Wissenschaft und Kunst zusammen, nicht nebeneinander, sondern miteinander verschmolzen, in der steten Zwangsläufigkeit und dem unkontrollierten Aufflammen

eines Sonnenaufgangs. Es war schockierend, singulär und bedeutsam, und es brachte zum ersten Mal alle Stränge meines intellektuellen Lebens zusammen.

Später erfuhr ich, dass der Mann unter etwas litt, was man damals als schizoaffektive Störung bezeichnete, einen verheerenden Sturm von Emotionen und Realitätsfragmenten, in der Symptome der Depression, Manie und Psychose zusammenkommen. Ich erfuhr auch, dass diese Definition keinerlei Rolle spielte, da die Diagnose über die Eindämmung der Symptome hinaus keinerlei Auswirkungen auf die Behandlung hat und es keine Erklärung für die Ursachen gibt. Niemand konnte die simplen Fragen beantworten, worin diese Krankheit in körperlichem Sinne besteht, warum ausgerechnet dieser Mensch unter ihr leidet oder wie ein derart sonderbarer und entsetzlicher Zustand Teil der menschlichen Erfahrung werden kann.

Als Menschen suchen wir nach Erklärungen, auch wenn die Suche noch so aussichtslos erscheint. Für mich gab es von diesem Moment an kein Zurück, und je mehr ich lernte, umso faszinierter war ich. Ich wählte Psychiatrie für meine Facharzt-ausbildung, und nach dem vierjährigen Studium gründete ich ein Labor im neuen Fachbereich Biotechnik, und zwar an der Universität in Silicon Valley, an der ich schon Medizin studiert hatte. Dort wollte ich Patienten behandeln und gleichzeitig neue Geräte zur Erforschung des Gehirns entwickeln. Damit hoffte ich, endlich auch neue Fragen stellen zu können.

So kompliziert das Gehirn scheinen mag, es ist genau wie jeder andere Körperteil auch nicht mehr als ein Zellklumpen. Zugegeben, es sind sehr schöne Zellen, darunter mehr als 80 Milliarden Neuronen, von denen jede an einen Baum mit winterlich kahlen Zweigen erinnert. Diese Zweige dienen der Leitung von elektrischen Signalen und gehen Zigtausende chemische Verknüpfungen, die sogenannten Synapsenverbindungen,

mit anderen Zellen ein. Diese Zellen geben ständig winzige elektrische Signale weiter, die nur eine Tausendstelsekunde dauern und nur einige Picoampere stark sind. Transportiert werden diese Signale in fettummantelten leitfähigen Fasern namens Axonen, die zusammen die weiße Masse des Gehirns bilden. An dieser Schnittstelle zwischen Elektrizität und Chemie entstehen sämtliche Aktivitäten des menschlichen Gehirns – Erinnern, Denken, Fühlen. Das alles hat also mit Zellen zu tun, die sich beobachten, verstehen und verändern lassen.

Wie jeder andere Bereich der Biologie musste auch die Neurowissenschaft zunächst neue Methoden entwickeln, um das Funktionieren des Gehirns auf Zellebene besser zu verstehen. Vor 2005 gab es keine Möglichkeiten, konkrete Hirnzellen zu präziser elektrischer Aktivität anzuregen. Bis dahin beschränkte sich die Neurowissenschaft auf die Beobachtung und lauschte mit Elektroden denjenigen Zellen, die bei bestimmten Tätigkeiten aktiv werden. Dabei ging es darum, Aktivitätsmuster zu identifizieren, die mit bestimmten Hirnfunktionen und Verhaltensweisen wie Fühlen, Denken und Handeln zusammenhängen. Eines der ersten, ab 2004 in meinem Labor entwickelten Verfahren, die sogenannte Optogenetik, sollte diese Einschränkung aufheben, indem sie die Aktivität in konkreten Hirnzellen unterdrückte oder stimulierte.

Die Optogenetik dient dazu, Fremdgut in Form eines ganz speziellen Gens über die größte nur vorstellbare Entfernung zu transportieren, und zwar von den Zellen eines Reichs der Biologie in die eines anderen. Dieses Gen weist Zellen an, ein bestimmtes Protein herzustellen, welches wiederum in einer Zelle eine ganz bestimmte Aufgabe übernimmt. Konkret borgen wir uns in der Optogenetik Gene von Mikroben, Bakterien und einzelligen Algen und verpflanzen sie in ausgewählte Hirnzellen von Wirbeltieren, zum Beispiel von Mäusen oder Fischen. Das mag befremdlich klingen, hat aber seinen Sinn, denn in

ihrem neuen Umfeld bewirken die geborgten Gene (sogenannte mikrobielle Opsine) die Produktion von bemerkenswerten Proteinen, die Licht in elektrischen Strom umwandeln.

In den ursprünglichen Wirten verwandelt dieses Protein Sonnenlicht in elektrische Signale oder Energie, etwa indem sie die einzellige Alge zu der für das Überleben optimalen Lichtmenge führen oder (im Falle von bestimmten urtümlichen Bakterien) Bedingungen herstellen, in denen aus Licht Energie gewonnen werden kann. Unter normalen Umständen reagieren die meisten tierischen Nervenzellen nicht auf Licht – dazu haben sie auch keinen Anlass, im Schädel ist es schließlich recht dunkel. Mit unserem optogenetischen Trick brachten wir jedoch ausgewählte Zellen im Gehirn dazu, dieses Protein zu produzieren und auf Licht zu reagieren. Auf diese Weise sprechen sie als einzige Zellen im Gehirn auf Lichtimpulse an, die Wissenschaftler einspeisen – und das Ergebnis ist die Optogenetik.

Elektrizität ist der wesentliche Informationsträger des Nervensystems. Mithilfe von Laserlicht, das wir durch dünne Faserkabel oder Hologramme ins Gehirn einbrachten, konnten wir in diesen modifizierten Zellen die elektrischen Signale verändern und das Verhalten der Tiere damit auf erstaunlich spezifische Weise manipulieren. So konnten wir beobachten, welche Rolle die betreffenden Zellen bei bestimmten Hirnfunktionen wie Wahrnehmung oder Gedächtnis spielen. Diese Experimente bedeuteten einen großen Fortschritt für die Neurowissenschaften, weil wir auf diese Weise die lokale Aktivität einzelner Zellen mit einem umfassenden Blick auf das gesamte Gehirn verbinden können. Tests von Ursache und Wirkung finden nun im richtigen Zusammenhang statt; nur Zellen in lebenden Gehirnen können die komplexen Funktionen (und Dysfunktionen) hinter einem bestimmten Verhalten hervorbringen – so wie einzelne Wörter nur im Zusammenhang eines Satzes für die Kommunikation sinnvoll sind.

Wir arbeiten vor allem mit Mäusen, Ratten und Fischen – Tieren, deren Nervensystem ähnlich aufgebaut ist wie unseres, auch wenn die Strukturen beim Menschen deutlich größer sind. Wie wir sind sie Wirbeltiere, die empfinden, entscheiden, sich erinnern und handeln, und wenn wir sie dabei in der richtigen Weise beobachten, können wir herausfinden, wie unsere gemeinsamen Hirnstrukturen funktionieren. Dieser neue Ansatz der Hirnforschung nutzt winzige und uralte Errungenschaften von Lebensformen, die sich fast zu Beginn der Evolutionsgeschichte von unserer Abstammungslinie abspalteten – ganz unten am Baum des Lebens, auf dem der Werft aufgepflanzt ist.

Darauf aufbauend entwickelte mein Labor eine weitere Technik, die sogenannte Hydrogelgewebe-Chemie. (Das ursprüngliche Verfahren aus dem Jahr 2013 nannten wir CLARITY; seither wurden daraus zahlreiche Varianten entwickelt.) Mithilfe chemischer Tricks werden hierbei lichtdurchlässige Hydrogele – weiche Polymere auf Wasserbasis – in Zellen und Gewebe eingebracht. Auf diese Weise werden ansonsten dichte und nicht lichtdurchlässige Hirnzellen transparent und ermöglichen die hochauflösende Visualisierung von Zellen und Biomolekülen. Die entscheidenden Teile bleiben dabei im Gewebe an Ort und Stelle, und die Bilder davon erinnern an Kindergeburtstage – an durchsichtigen Wackelpudding mit Obststückchen, die von außen sichtbar sind.

Die Optogenetik und das Hydrogelgewebe-Verfahren haben gemeinsam, dass wir das lebende Gehirn beobachten und Bestandteile erkennen können, die mit bestimmten Funktionen in Zusammenhang stehen. Detaillierte Analyse, ein wesentlicher Teil jeder wissenschaftlichen Forschung, lässt sich so an lebenden Systemen durchführen. Diese und ähnliche Verfahren begeistern nicht nur Wissenschaftler und haben der Hirnforschung völlig neue Möglichkeiten eröffnet.

Durch die Kombination der Optogenetik mit technischen

Neuerungen auf den Gebieten der Mikroskopie, der Genforschung und der Proteinmanipulation haben Wissenschaftler inzwischen Tausende Erkenntnisse darüber gewonnen, wie Neuronen bestimmte Hirnfunktionen und Verhaltensweisen hervorbringen. So haben sie zum Beispiel konkrete Axonverbindungen entdeckt, die quer durch das Gehirn reichen (wie die Kettfäden eines Teppichs, durchwirkt von zahllosen Querfasern) und die evolutionär jüngeren Frontalregionen mit den tief im Gehirn liegenden älteren Regionen wie Angst- und Belohnungszentren verbinden; diese Verbindungen dienen unter anderem dazu, aktiv Verhaltensweisen zu unterdrücken, die diese Emotionen und Triebe in impulsive Handlungen übersetzen würden. Diese Entdeckungen wurden möglich, weil sich jetzt bestimmte durch Herkunft und Verlauf definierte Verbindungen präzise ansteuern und beeinflussen ließen, und zwar in Echtzeit in der Geschwindigkeit von Gedanken und Gefühlen und während sich die untersuchten Tiere in natürlicher Weise verhielten.

Die tief im Gehirn eingebetteten Axone tragen dazu bei, Gehirnzustände zu definieren und den Ausdruck von Emotionen zu lenken. Indem wir nun innere Zustände klar definierten körperlichen Strukturen zuordnen können, versetzt uns dies in die Lage, die Vergangenheit und unsere Evolution besser zu verstehen. Diese körperlichen Strukturen entstanden in unserer frühen Entwicklung und Kindheit durch Einwirkung der Gene, und Gene sind das Werkzeug der Evolution, die seit Jahrmillionen unser Gehirn geformt haben. Unsere inneren Kettfäden überspannen also nicht nur unsere inneren Räume, sondern auch die Zeiträume der menschlichen Existenz – sie sind ein Erbe, das in unserer Vorgeschichte verankert ist und unseren Vorfahren das Überleben ermöglichte.

Diese Verbindung zur Vergangenheit ist keine Zauberei – es handelt sich nicht um ein »kollektives Unbewusstes«, wie C. G.

Jung die mystische Beziehung zu unseren fernen Vorfahren nannte. Sie stammt vielmehr aus der Struktur unserer Gehirnzellen und ist ein physisches Erbe unserer Vorfahren. Wesen, die durch Zufall erste Versionen unserer heutigen (und individuell leicht unterschiedlichen) Verbindungen hervorbrachten, überlebten und vermehrten sich besser und gaben daher die Gene, die diese Strukturen steuern, an uns und andere der heute lebenden Säugetiere weiter. Wir fühlen also wahrscheinlich das, was auch unsere Vorfahren fühlten – nicht nur zufällig, sondern oft in lebensentscheidender Weise.

Diese inneren Zustände verdanken wir dem Überlebenswillen (und manchmal auch einer Portion Glück), und sie brachten die Menschheit mit all ihren Gefühlen und Schwächen hervor.

Die modernen Neurowissenschaften eröffnen sogar die Möglichkeit, diese menschlichen Schwächen und damit auch menschliches Leid zu lindern. Aus den neuen Erkenntnissen zu den Ursachen bestimmter emotionaler Zustände auf Zellebene lassen sich möglicherweise therapeutische Behandlungsformen entwickeln. Oder man könnte herausfinden, welche Rolle bestimmte mit psychiatrischen Störungen in Verbindung stehende Gene in Gehirnschaltkreisen spielen, und damit Patienten neue Hoffnung geben. So verändert der wissenschaftliche Fortschritt die klinische Praxis, doch in meinem Fall wirkt die klinische Arbeit auch auf meine Forschung. Denn auch die Psychiatrie ist ein Motor der neurologischen Forschung. Ein faszinierender Gedanke: Die Leiderfahrung von Menschen auf der einen Seite und die Untersuchung an Gehirnen von Mäusen und Fischen auf der anderen durchdringen einander. Neurowissenschaften und Psychiatrie entwickeln einander weiter und stehen auf einer tiefen Ebene in Beziehung zueinander.

Im Rückblick kann ich mich fragen, ob ich wirklich keinen persönlichen Bezug zur Psychiatrie hatte, wie ich früher meinte.

