

Egal, ob wir auf einer Hochzeit gemeinsam mit der Braut zu Tränen gerührt sind oder im Kino mit dem Helden mitfiebern, die Emotionen anderer können zu einem Teil von uns und damit zu unseren Emotionen werden – als würde das, was anderen widerfährt, auf uns übergreifen. Doch wie stellt unser Gehirn das an? Warum sollten die Gefühle anderer so großen Einfluss auf uns haben? Der Hirnforscher Christian Keysers, Experte in Sachen Spiegelneuronen, gibt Einblick in sein Forschungsgebiet: unser Gehirn – und wie wir intuitiv verstehen und nachempfinden, was andere fühlen.

CHRISTIAN KEYSERS, 1973 in Belgien mit französisch-deutschen Eltern geboren, studierte Psychologie und Biologie in Deutschland und den USA. Als Postdoktorand kam er 2000 nach Parma, wo er bei Giacomo Rizzolatti Untersuchungen an Spiegelneuronen durchführte. Seit 2004 forscht und lehrt er in Groningen, wo er auch mit seiner Frau Valeria Gazzola das Social Brain Lab gründete, das seit 2010 in Amsterdam angesiedelt ist. Hirnforscher von internationaler Reputation ist Christian Keysers vor allem aufgrund seines Nachweises, dass sich das Spiegelneuronenkonzept auch auf unser Verständnis der Emotionen anderer anwenden lässt. »Das empathische Gehirn« wurde 2012 mit dem Independent Publishers Book Award als bestes Wissenschaftsbuch ausgezeichnet.

CHRISTIAN KEYSERS

**Unser
empathisches
Gehirn**

Warum wir verstehen,
was andere fühlen

*Aus dem Englischen übertragen
von Hainer Kober*

btb

Die Originalausgabe erschien 2011 unter dem Titel
»The Empathic Brain. How the Discovery of Mirror Neurons
Changes our Understanding of Human Nature« bei Social
Brain Press.

Die Rechte an allen Abbildungen in diesem Buch liegen bei
Valeria Gazzola.



Verlagsgruppe Random House FSC® N001967
Das für dieses Buch verwendete FSC®-zertifizierte
Papier *Lux Cream* liefert Stora Enso, Finnland.

1. Auflage

Genehmigte Taschenbuchausgabe November 2014,
btb Verlag in der Verlagsgruppe Random House GmbH, München
Copyright © 2011 by Christian Keysers

Copyright © der deutschsprachigen Ausgabe 2013 by
C. Bertelsmann Verlag, München, in der Verlagsgruppe Random
House GmbH

Umschlaggestaltung: *semper smile*, München, nach einem
Umschlagentwurf von *buxdesign*, München, unter Verwendung
eines Motivs von © Shutterstock

Druck und Einband: CPI – Clausen & Bosse, Leck

LW · Herstellung: sc

Printed in Germany

ISBN 978-3-442-74857-0

www.btb-verlag.de

www.facebook.com/btbverlag

Besuchen Sie auch unseren LiteraturBlog www.transatlantik.de

Für Julia

Inhalt

Einleitung: Was Menschen verbindet	9
1 Entdeckung der Spiegelneuronen	16
2 Intuitionsvermögen	36
3 Spiegeln beim Menschen	45
4 Zum sozialen Leben geboren	64
5 Evolution der Sprache	83
6 Gefühle mitempfinden	113
7 Sinneswahrnehmungen	148
8 Mitempfinden lernen	171
9 Autismus und Missverständnisse	200
10 Eine einheitliche Theorie der sozialen Kognition	226
11 Empathische Ethik	241
Epilog: Sind Spiegelneuronen gut oder schlecht?	277
Danksagung	281
Anhang:	
Areale des empathischen Gehirns	285
Interpersonal Reactivity Index von Davis	287
Literatur	295
Anmerkungen	307
Register	311

Was Menschen verbindet

Der schönste Tag meines Lebens begann mit einem Ereignis, das man als Misserfolg bezeichnen könnte. Auch die unbedeutendsten Einzelheiten dieses Augenblicks werden mir immer im Gedächtnis bleiben. An einem Samstag im Januar 2004 waren die schroffen Grate der Dolomiten rund um die kleine Südtiroler Ortschaft Kastelruth mit Neuschnee bedeckt. Valeria und ich saßen in einer winzigen Kirche vor zwei katholischen Geistlichen. »Sie können jetzt Ihr Ehegelübde ablegen«, sagte einer von ihnen. Mein Herz begann, heftig zu klopfen.

Die Worte, die ich sagen sollte, – ich hatte sie im Kopf unzählige Male wiederholt und eingeübt – hatte ich natürlich parat, aber jetzt, da mir Valeria in die Augen schaute und die Blicke meiner engsten Freunde und Angehörigen auf mir ruhten, hatte ich plötzlich einen Kloß im Hals und Tränen in den Augen. Ich versuchte, ein Wort zu formen – eher das Fragment eines Wortes –, und schon brach mir die Stimme. Alles wartete darauf, dass ich etwas sagte; das Schweigen wurde lauter und lauter. Also begann ich erneut und hörte mir wie von außen zu, als wäre ich ein Fremder.

Und dann geschah etwas. Immer noch um Worte ringend, blickte ich die Menschen um mich her an. Anstelle der erwarteten Ungeduld sah ich, dass ein guter Freund von mir in der ersten Reihe ein Taschentuch hervorgeholt hatte. Ich schaute meinen Vater an und bemerkte, dass sein Gesicht tränenüberströmt war. Sogar unser Fotograf hatte aufgehört zu knipsen. Diese Menschen schienen – zumindest teilweise – zu fühlen, was ich fühlte. Als ich das begriff, vermochte ich fortzufahren.

Zwar schwankte meine Stimme noch immer, und mir schien, als brauchte ich Minuten, um die Formel endlich herauszubekommen, aber schließlich brachte ich sie zustande (– und Valeria sagte »Ja«).

Bei dieser Geschichte geht es mir nicht darum, was mir passierte, sondern was mit den anderen Menschen in der Kirche geschah. Wir alle haben schon Augenblicke wie diesen erlebt, Augenblicke, in denen wir nicht um unsern Willen, sondern um anderer Willen gerührt waren.

Die Emotionen anderer können ein Teil von uns werden – können unsere Emotionen werden, als würde das, was anderen zustößt, auf uns übergreifen. Um das zu empfinden, bedarf es keiner Anstrengung. Es geschieht einfach – automatisch, intuitiv und weitgehend unserem Willen entzogen. Unser Gehirn ist der Akteur, der Handelnde. Tatsächlich ist diese Fähigkeit unseres Gehirns – eine emotionale Verbindung zu anderen Menschen herzustellen – ein Großteil dessen, was uns zu Menschen macht. Doch wie stellt unser Gehirn das an? Warum sollten die Gefühle anderer so großen Einfluss auf uns haben? Darum geht es in diesem Buch.

Natürlich teilen wir nicht nur glückliche Augenblicke. Wie Sie gleich sehen werden, wirken andere Emotionen genauso. Gelegentlich werde ich zu Vorträgen eingeladen, um meine Forschungsarbeiten vorzustellen. Hin und wieder führen mich diese Einladungen in ferne Weltgegenden, wo ich vor Zuhörern mit einem grundsätzlich anderen kulturellen Hintergrund spreche. Trotzdem scheinen alle intuitiv die Filmsequenz zu verstehen, mit der ich beginne.

Die Sequenz stammt aus einem der Lieblingsfilme meiner Kindheit: *Dr. No* mit Sean Connery als James Bond. Bond liegt im Bett, ein weißes Laken bedeckt seinen schlafenden Körper. Plötzlich kriecht eine handtellergroße Tarantel unter dem Laken hervor und bewegt sich in Richtung seines Kopfes. Jeder Schritt der Spinne scheint dort, wo die scharfen Krallen Halt finden,

kleine Dellen in Bonds Haut zu hinterlassen. Von dieser kribbelnden Empfindung wach geworden, verkrampft sich Bond. In seinen Ohren dröhnt das rhythmische Pochen seines Herzens. Kleine Schweißtropfen treten auf sein Gesicht, während seine Augen das Bett nach einem Gegenstand absuchen, mit dem er die Spinne abstreifen kann.

Inzwischen habe ich die Sequenz mindestens hundertmal gesehen und schaue längst nicht mehr hin. Stattdessen beobachte ich die Zuschauer. Ich suche mir ein paar Leute heraus, die ich gut im Blick habe. Wenn ich ihre Gesichter und Körper betrachte, brauche ich nicht zu fragen, was in ihrem Inneren vorgeht. Ich kann es sehen. Ich kann ihr Unbehagen fühlen. Tatsächlich ist es eine Mischung aus Unbehagen und Lust, denn obwohl sie die Spinne sehen und Sean Connerys Spannung spüren, wissen sie alle, dass ihnen nichts passieren kann. Trotzdem bewirkt der Anblick der Szene, dass ihre Herzfrequenz steigt, sie ein bisschen schwitzen, ihr Körper sich verspannt und sie ein Kribbeln auf den Armen fühlen, als würde die Spinne dort ihre Krallen ansetzen. Wir fühlen uns mit James Bond verbunden, das heißt, wir fühlen, was er fühlt. Aber warum? Warum bewegen uns die bewegten Bilder so sehr? Warum löst der Anblick eines Films bei uns, die wir gemütlich auf dem Sofa in unserem Wohnzimmer sitzen, physiologische Reaktionen aus, die nur angebracht wären, wenn wir uns selbst in Gefahr befänden?

Natürlich feiern wir nicht an jedem Tag Hochzeit, und zum Glück werden wir auch nicht ständig von überdimensionalen Spinnen angegriffen. Doch täuschen wir uns nicht. Selbst in der Routine des Alltags würden wir auf die Fähigkeit, uns in andere einzufühlen – ihre Emotionen zu verstehen –, sicherlich nicht verzichten wollen. Ohne diese Fähigkeit würde das soziale Leben zweifellos zusammenbrechen.

Wenn ich morgens aufwache und meine Frau Valeria anschau, muss mein Gehirn augenblicklich eine Reihe komplizierter und für meine Ehe lebenswichtiger Fragen beantworten, etwa: Was verbirgt sich hinter ihrem schläfrigen Gesicht?

Der Wunsch nach einer Umarmung, weil sie gerade aus einem bösen Traum erwacht ist? Die unausgesprochene Bitte, dass ich das Frühstück mache? Am Arbeitsplatz muss ich entscheiden, ob mein Dekan in der richtigen Stimmung ist, sodass ich das Sabbatjahr von ihm erbitten kann, das ich brauche, um dieses Buch zu schreiben. Zu Hause würde ich mich liebend gern aufs Sofa fallen lassen, muss aber herausfinden, ob Valeria das Angebot zu kochen ernst meint oder das Abendessen in Wahrheit von mir erwartet. Den ganzen Tag hindurch hängt der Erfolg in Beziehungen und Berufstätigkeit von unserer Fähigkeit ab, die Emotionen und Befindlichkeiten anderer zu erkennen. Sehr häufig gelingt es uns, die innere Verfassung anderer nachzuempfinden, obwohl sie diese zu verbergen trachten. Wir spüren die Traurigkeit hinter einem künstlichen Lächeln oder die fragwürdigen Absichten hinter scheinbar großzügigen Handlungen. Wie machen wir das? Wie gelingt es uns, zu fühlen, was eigentlich verheimlicht werden soll?

Die moderne Hirnforschung begann in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit einer Reihe grundlegender Fragen: Wo die Sprache im Gehirn lokalisiert ist, wie wir uns etwas merken und wie unser Gehirn unseren Körper bewegt. Mehr als hundert Jahre später, in den achtziger und neunziger Jahren des 20. Jahrhunderts, wandte man sich den Emotionen zu. Doch nach wie vor wurde fast ausschließlich an einzelnen Individuen geforscht. Die Frage, wie wir die Gedanken anderer lesen und von ihren Gefühlen beeinflusst werden, blieb weitgehend ausgeklammert.

Und das mit gutem Grund. Man verzichtete darauf, das Gehirn bei sozialen Interaktionen zu untersuchen, weil dies sehr schwierig ist. Komplexe menschliche Interaktionen lassen sich kaum erfassen, indem man Tiermodelle verwendet oder eine einzelne Person beobachtet, die unbeweglich in einem Hirnscanner liegt.

Außerdem interessierte sich lange Zeit niemand für die Frage, da sie trivial erschien. Die meisten Kinder können schon mit sieben Jahren hervorragend die Gefühle anderer erkennen, und

wenn wir die Gefühle unserer Mitmenschen nachempfinden oder teilen, geschieht dies meist ohne unser bewusstes Zutun. Sie müssen nicht überlegen, um zu verstehen, was Bond durchmacht, wenn ihm die Spinne über die Haut kriecht, weil Sie ihn intuitiv verstehen. Die Aufgabe scheint so leicht, so trivial zu sein – verglichen mit »schwierigen« Dingen wie der Integralrechnung, die praktisch kein Mensch vor seinem sechzehnten Lebensjahr bewältigen kann –, dass wir diese Fähigkeit selbstverständlich hinnehmen. Paradoxaerweise sind Computer seit den fünfziger Jahren zur Integralrechnung fähig, während sich die Aufgabe, festzustellen, ob jemand Glück oder Furcht empfindet, als so schwierig erweist, dass kein moderner Computer oder Roboter des 21. Jahrhunderts dazu in der Lage ist. Warum fällt uns das Verstehen anderer Menschen, das Computern so viel Mühe bereitet, leichter als Aufgaben wie die Integralrechnung, die Computer im Handumdrehen erledigen?

Genau betrachtet, müsste es eigentlich sehr schwer sein, andere Menschen zu verstehen. Das menschliche Gehirn ist wohl das komplexeste Organ im bekannten Universum. Und doch spüren bereits Siebenjährige, dass sie mühelos erfassen können, was im Geist – und damit im Gehirn – der Menschen ihres Umfelds vor sich geht. Wenn ich würfelte und Sie nach dem Ergebnis fragte, würden Sie sagen: »Ich kann eine Vermutung äußern, aber woher soll ich es mit Sicherheit wissen?« Doch wenn Sie einen jungen Mann und eine junge Frau bei einer Party kichernd in einem Schlafzimmer verschwinden sehen, können Sie mit fast absoluter Sicherheit auf ihren inneren Zustand und das nachfolgende Geschehen schließen. Merkwürdigerweise hat es die Natur so eingerichtet, dass es uns leichter fällt, das Ergebnis komplexer Gehirnprozesse vorherzusagen, als einfache Bewegungen eines Würfels zu prognostizieren.

Lange Zeit hatten wir keine Ahnung, wie das Gehirn diese Aufgabe bewältigt oder wie es die Fähigkeit erworben hat, die Vorgänge in anderen zu verstehen. Erst als Kollegen von mir Anfang der neunziger Jahre im italienischen Parma spezielle Gehirnzellen, die sogenannten »Spiegelneuronen«, entdeckten,

veränderten sich nicht nur unsere Vorstellungen vom Gehirn, sondern auch die von unseren sozialen Interaktionen grundlegend.

Spiegelneuronen »spiegeln« das Verhalten und die Gefühle der Leute in unserer Umgebung dergestalt, dass die anderen Menschen ein Teil von uns werden. Das Wissen um solche Zellen kann viele Rätsel menschlichen Verhaltens lösen. Beispielsweise, warum es so schwierig ist, an einer Diät festzuhalten, wenn man ständig Leute all die Dinge essen sieht, die einem selbst verboten sind. Die Spiegelneuronen liefern eine Antwort. Wenn Sie sich ein Stück Schokolade nehmen und es essen, wird ein bestimmtes Netz von Gehirnzellen aktiviert – nennen wir es das »Iss-die-Schokolade-Netz«. Einige dieser Zellen weisen eine Besonderheit auf: Sie werden nicht nur aktiv, wenn Sie Schokolade essen, sondern auch, wenn Sie jemand anderen Schokolade essen sehen. Das sind die Spiegelneuronen. Wie wir im vorliegenden Buch sehen werden, veranlassen uns diese Neuronen, die Erfahrungen anderer zu teilen. Der Anblick von Leuten, die Schokolade essen, löst in uns ein Gefühl aus, das uns sagt, wie es wäre, das Gleiche zu tun. Das hilft uns zu verstehen, was sie tun, löst aber leider auch die Neigung aus, es ihnen nach zu tun. Spiegelneuronen machen aus uns – im Guten wie im Bösen – zutiefst soziale Wesen.

Seit der Entdeckung der Spiegelneuronen Anfang der neunziger Jahre haben wir genauere Einblicke in unsere soziale Natur gewonnen. Spiegelneuronen helfen uns nicht nur, andere Menschen zu verstehen, sondern liefern uns auch überraschend neue Antworten auf sehr alte Fragen – beispielsweise, wie die Evolution die menschliche Sprache hervorgebracht hat und in welcher Beziehung unser Körper zu unserem Denken steht.

Die Untersuchung der Spiegelneuronen verändert also unsere Auffassung von der menschlichen Natur, gibt aber auch Aufschluss über alltägliche Aspekte unseres Lebens: Warum wir etwa mit dem Fuß zucken, wenn wir beobachten, wie unser Lieblingsstürmer den Ball im Tor versenkt, oder warum es einem Pianisten so schwerfällt, seine Finger stillzuhalten, während er einem

Klavierstück lauscht, oder wie wir bestimmte Fertigkeiten lernen, indem wir einfach beobachten, wie andere sie ausüben.

Da Spiegelneuronen uns innerlich mit anderen Menschen verbinden (*connect*), kann eine Funktionsstörung dieser Zellen zu einer »Gefühlstrennung« von anderen führen. Autistische Menschen sind von ihrer mitmenschlichen Umwelt abgeschnitten. Spiegelneuronen helfen uns, nach den Ursachen solcher Trennungen zu suchen und neue Therapien zu entwickeln.

Psychopathen wie Ted Bundy schlachten Menschen ab, als mache es ihnen nicht das Geringste aus – auch hier können Spiegelneuronen unserem Verständnis auf die Sprünge helfen.

Ich möchte in dem vorliegenden Buch zu diesen und anderen Geheimnissen neue Erklärungen vorschlagen. Empathie ist in der Architektur unseres Gehirns tief verankert. Was mit anderen geschieht, wirkt sich auf fast alle Regionen unseres Gehirns aus. Wir sind von unseren Anlagen dazu bestimmt, uns empathisch zu verhalten, die Verbindung zu anderen zu suchen. Ich möchte zeigen, wie elegant und einfach das Gehirn verfährt, wenn es uns zu empathischen Geschöpfen macht. Denn wenn wir begreifen, was uns wirklich zu Menschen macht, können wir nur Ehrfurcht und Staunen empfinden.

Entdeckung der Spiegelneuronen

»Leo, non può essere!« Ungläubig schüttelt Vittorio seinen bärtigen Kopf. »Leo, das kann nicht sein!« Er nimmt eine Rosine von dem Tablett, das vor dem Affen steht. Aus dem Lautsprecher kommt ein Geräusch, das an ein Maschinengewehr erinnert. Natürlich ist es keins. Es ist das Geräusch einer einzelnen »feuern- den« Nervenzelle. Im Gehirn des Affen ist eine haarfeine Elektrode implantiert worden. Bei Aktivierung der Nervenzelle wird der schwache Strom, den die Elektrode misst, umgewandelt, zum Geräusch aus dem Lautsprecher verstärkt und als grüne Spur auf den Bildschirm eines Oszilloskops sichtbar gemacht. »Hast du das auch gehört? Kann es dieselbe Zelle sein?« Vittorio scheint verwirrt, während er auf die Oszilloskope blickt. Alles wirkt vollkommen normal – leuchtend grüne Spikes vor schwarzem Hintergrund. Jetzt nimmt sich der Affe die Rosine vom Tablett, die Reaktion ist akustisch und visuell identisch mit derjenigen, die Vittorio mit seinem Griff nach der Rosine auslöste. »Das ist erstaunlich!«, sagt Leo.

Als mir Vittorio von den Ereignissen dieses Tages berichtete, fand auch ich das aufregend und erstaunlich. Doch an jenem warmen Augustabend des Jahres 1990 an der Universität Parma machten sich Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, Giacomo Rizzolatti und der Rest der Forschungsgruppe im ersten Augenblick nicht klar, was sie soeben entdeckt hatten. Jahre später sollte der namhafte Neurowissenschaftler Vilayanur Ramachandran die umwälzende Entdeckung, auf die die italienischen Wissenschaftler mehr oder weniger zufällig gestoßen waren, mit der Entdeckung der Dop-

pelhelix durch Jim Watson und Francis Crick vergleichen. »Ich prophezeie, dass die Spiegelneuronen eines Tages für die Psychologie sein werden, was die DNA für die Biologie ist«, sagte er.

Das Team hatte das erste »Spiegelneuron« entdeckt, eine Gehirnzelle besonderer Art. Diese Zellen sind einzigartig, weil sie nicht nur reagieren, wenn der Affe eine bestimmte Tätigkeit ausführt – etwa nach einer kleinen Rosine greift –, sondern auch, wenn das Tier jemand anderen bei einer ähnlichen Handlung beobachtet. Spiegelneuronen haben unsere Vorstellungen von den Funktionen des Gehirns grundlegend verändert.

Vor ihrer Entdeckung hatten die bis dahin gewonnenen Erkenntnisse über die Grundfunktionen vieler Hirnregionen eine Vorstellung von der Arbeitsweise des Gehirns begründet, die sich an strenger Arbeitsteilung orientierte (die wichtigsten Regionen, die in diesem Buch eine besondere Rolle spielen, sind auf der Seite 285 abgebildet). Von der hintersten Kortexregion, dem primären visuellen Kortex (der primären Sehrinde), wusste man, dass er die Bilder der Netzhaut in winzige Ausschnitte zerlegt, indem er sich auf Kanten und Winkel an bestimmten Stellen des Bildes konzentriert. Diese Ausschnitte werden dann von Arealen im temporalen visuellen Kortex (grau-schraffiert in der Abbildung 4 S. 285) zusammengesetzt. Dort reagieren bestimmte Neuronen auf die Merkmalskombination, die eine Rosine kennzeichnen, und andere Neuronen auf die Merkmale, die charakteristisch für Ihre Großmutter sind. Bei den weiter im vorderen Teil des Gehirns gelegenen prämotorischen Regionen (PM und IFG in der Abbildung) und den supplementären motorischen Arealen (SMA) beobachtete man, dass ihre Aktivität einsetzt, bevor eine bestimmte Handlung ausgeführt wird. Offenbar legen sie fest, was wir in Zukunft tun. Dagegen wird der primäre motorische Kortex (M1) aktiviert, wenn wir unseren Körper tatsächlich bewegen. Diese Hirnregion steuert unsere Muskeln unmittelbar. Alle diese Erkenntnisse wurden zu einem erfreulich übersichtlichen Bild des Gehirns zusammengefasst. Danach hatte das Gehirn zwei Teile. Die Welt wahrzunehmen oder eine Rosine zu sehen, fiel in die Zuständigkeit des hinteren Teils, während das

Einwirken auf die Welt, das Ergreifen der Rosine, vom vorderen Hirnteil (M1, PM, IFG und SMA) erledigt wurde.

Die Entdeckung der Spiegelneuronen veränderte diese Auffassung von der Arbeitsteilung im Gehirn. Spiegelneuronen erfüllen einen doppelten Zweck: Sie nehmen die Welt wahr, und sie wirken auf sie ein. Die von der Forschungsgruppe in Parma entdeckte Nervenzelle befindet sich im prämotorischen Kortex (dem Areal unmittelbar vor dem primären motorischen Kortex), wo die Neuronen nach damaliger Meinung der Wissenschaft nur damit befasst waren, die eigenen Handlungen des Affen zu programmieren. Doch das entdeckte Neuron war nicht nur aktiv, wenn der Affe nach einer Rosine griff, was bei einer prämotorischen Nervenzelle nicht überrascht, sondern auch, wenn der Affe sah, wie jemand anders diese Handlung ausführte. Das war eine Überraschung, weil man bisher angenommen hatte, dass für die Reaktion auf das Verhalten anderer Menschen ein anderes Hirnareal zuständig sei: der temporale visuelle Kortex. Nun schien es, als gebe das Gehirn des Affen vor, die lediglich beobachtete Handlung auszuführen.

Die Entdeckung eines prämotorischen Neurons, das auf den Anblick von Handlungen reagierte, war etwa so überraschend, als fänden Sie heraus, dass Ihr Fernsehapparat, von dem Sie annehmen, er zeige nur Bilder, in all den Jahren ein Doppelleben geführt und alles, was Sie taten, aufgenommen habe. Die einfache Dichotomie von Input- und Output-Funktion ergab plötzlich keinen Sinn mehr, weil die Forscher herausfanden, dass in bestimmten Hirnregionen Tun und Sehen offensichtlich dasselbe ist.

Zunächst traute die parmesische Gruppe ihrem Ergebnis nicht. Nachdem die Forscher die Aktivität der ersten Spiegelneuronen aufgezeichnet hatten, nahmen sie an, der Affe habe sich einfach zufällig bewegt, während er zuschaute, wie die Rosine ergriffen wurde. Doch sorgfältige Beobachtungen des Affen und Aufzeichnungen seiner Muskeltätigkeit zeigten, dass die Spiegelneuronen auf den Anblick des Greifens auch dann reagierten,

wenn der Affe ganz ruhig war. Langsam begann die Gruppe an die Möglichkeit zu glauben, dass einige prämotorische Neuronen – die Spiegelneuronen – tatsächlich eine Funktion haben, die vom offenen Verhalten des Affen völlig losgelöst ist.

Doch was bedeutet es für ein prämotorisches Neuron, dass es feuert, während Sie die Handlungen anderer Menschen beobachten? Werden prämotorische Neuronen künstlich stimuliert, indem man einen schwachen elektrischen Strom durch die Elektrode schickt, die normalerweise zur Aufzeichnung der Neuronenaktivität verwendet wird, unterbricht der Affe seine jeweilige Tätigkeit und streckt unvermittelt den Arm aus, um nach etwas zu greifen.¹ Zwar wird dadurch bestätigt, dass prämotorische Neuronen tatsächlich zu den eigenen Handlungen des Affen gehören, doch die Frage bleibt, was der Affe »fühlt«, wenn er greift. Einige unserer eigenen Bewegungen können uns unwillkürlich erscheinen. Wenn Sie beispielsweise auf einer Tischkante sitzen und einer Stelle unter Ihrer Kniescheibe mit einem Hammer einen leichten Schlag versetzen, schnellt Ihr Unterschenkel nach vorn, doch Sie haben den Eindruck, dass sich die Bewegung unabhängig von Ihrem Willen vollzieht. Wenn Sie dagegen das Bein willentlich strecken, fühlt sich die gleiche Bewegung ganz anders an – Sie wollten Ihr Bein strecken, und die Gliedmaße hat Ihrem Willen »gehört«. Was fühlt der Affe also, wenn ein Versuchsleiter seine prämotorischen Neuronen aktiviert? Empfindet er die Greifbewegung als ebenso unwillkürlich wie wir den Knie-sehnenreflex oder hat er das Gefühl, er wolle greifen?

Die Antwort auf diese Frage konnten wir finden, weil bei chirurgischen Eingriffen gelegentlich eine Elektrostimulation bestimmter Hirnareale vorgenommen wird. Beispielsweise erleiden manche Epilepsiepatienten so viele Anfälle pro Tag, dass sie kein normales Leben mehr führen können. Wenn sich die Medikamente nicht mehr auf die Anfallshäufigkeit auswirken, bleibt den Patienten oft nur noch eine Operation. Epileptische Anfälle beginnen in einer genau umschriebenen Region des Gehirns und greifen langsam auf die übrigen Regionen über. Wenn also der Herd, in dem der Anfall beginnt, genau bestimmt ist, kann eine

chirurgische Entfernung dieser Region die Häufigkeit der Anfälle enorm verringern oder die Epilepsie sogar gänzlich heilen. Doch das zu entfernende Gewebe ist mit irgendeiner Hirnfunktion verknüpft, sodass der Eingriff diese Funktion verändern wird. Um die Veränderung wichtiger zerebraler Fähigkeiten zu vermeiden, stimulieren Neurochirurgen manchmal verschiedene Hirnregionen, um auf ihre Funktionen schließen zu können. Zusammen mit dem Patienten kann der Chirurg dann entscheiden, ob die Hirnregion entfernt werden soll oder nicht; je nachdem, ob der Patient bereit ist, diese Fähigkeit zu opfern, um die Epilepsie zu lindern. Ein Eingriff in Sprachareale oder grundlegende motorische Systeme kann beispielsweise eine so starke Beeinträchtigung zur Folge haben, dass die meisten Patienten wohl die Epilepsie vorziehen.

Wenn Neurochirurgen den primären motorischen Kortex unmittelbar hinter der Region stimulieren, in der sich die Spiegelneuronen befinden, beginnt der Körper des Patienten, sich zu bewegen. Die Stimulation kann vorgenommen werden, während der Patient bei Bewusstsein ist, weil das Gehirn selbst keine Schmerzrezeptoren (Nozizeptoren) besitzt. Gefragt, was sie fühlen, berichten die Patienten: »Meine Hand hat gezuckt«, als sei der Ursprung der Bewegung ihrer Kontrolle entzogen – wie der Kniesehenreflex. Wenn Chirurgen die vor dem primären motorischen Kortex liegenden Hirnareale stimulieren (das heißt, die prämotorische oder supplementäre motorische Region), führen die Patienten kompliziertere Handlungen aus – sie beugen beispielsweise ihren Arm oder greifen nach etwas. Fragt man die Patienten, was während der Bewegung in ihrem Bewusstsein vor sich ging, sagen sie, sie hätten »den Drang verspürt, das zu tun«. ² Manchmal haben Patienten sogar das subjektive Gefühl, ein Arm bewege sich, obwohl das körperlich nicht der Fall ist. Im Licht dieser Ergebnisse lässt sich die Aktivität der Spiegelneuronen im prämotorischen Kortex des Affen, während er menschliche Handlungen beobachtet, wohl am besten als Einfühlen in das Verhalten anderer verstehen, als Nachempfinden eines Handlungswunsches – ähnlich dem Drang, von dem mensch-

liche Patienten nach elektrischer Stimulation der gleichen Hirnregion berichteten. Um auf unser Beispiel zurückzukommen: Der Anblick von jemandem, der Schokolade isst, würde demnach bei uns prämotorische Spiegelneuronen aktivieren; die wiederum ließen uns den Plan fassen, Schokolade zu essen, sodass wir am Ende einen starken Drang dazu verspüren würden.

Ist Wahrnehmung wie ein Sandwich?

Als Vittorio Gallese und seine Kollegen ihre Entdeckung Ende der neunziger Jahre veröffentlichten, saß ich noch an meiner Magisterarbeit. Einige Jahre später, als ich in dem mittelalterlichen schottischen Städtchen St. Andrews für meine Promotion forschte, besuchte ich einen Vortrag, bei dem Vittorio von seinen Entdeckungen berichtete. Ich war sofort fasziniert. »Für die meisten Menschen ist die Art und Weise, wie wir andere Menschen wahrnehmen und auf sie reagieren, ein Sandwich«, sagte Vittorio. »Die obere und die untere Schicht sind das Sehsystem, das uns ermöglicht, andere Menschen zu sehen, und das motorische System, mit dessen Hilfe wir angemessene motorische Reaktionen ausführen. Wenn wir bedenken, wie wir die Gedanken anderer Menschen lesen, sind diese Schichten notwendig, aber relativ uninteressant, wie die Brotscheiben eines Sandwiches«, sagte er lächelnd. »Die meisten Menschen glauben, dass wir andere Menschen nicht mittels des visuellen und des motorischen Systems verstehen, sondern durch einen speziellen Prozess zwischen dem Augenblick, da wir sehen, was andere Menschen tun, und dem, da wir auf sie reagieren. Niemand weiß, wo dieser spezielle Prozess stattfindet, aber er gilt als der interessanteste Teil des Problems – wie der Belag des Sandwiches.«

Vittorio hatte recht. In den neunziger Jahren begann man in der Neurowissenschaft die Mechanismen der visuellen Verarbeitung zu verstehen, die unserem Gehirn ermöglichen, eine Repräsentation von dem anzulegen, was es in der Welt sieht. Doch es gibt ein Problem: Zu sehen, was in der Welt ist, ist nicht gleich-

bedeutend damit, die Welt zu verstehen. Wenn ich beispielsweise sehe, wie Sie ein Stück Schokolade nehmen, es in den Mund stecken und lächeln, verstehe ich zweierlei: Dass Sie Schokolade gegessen haben und dass Sie zufrieden sind. Abgesehen davon, dass ich sehe, was Sie tun, begreife ich auch intuitiv, was Sie fühlen. In den neunziger Jahren wussten wir, dass es Neuronen in der Sehrinde gibt, die auf den Anblick von Menschen reagieren, die etwas zum Mund führen. Sie feuern, wenn – und nur wenn – jemand ein Objekt dorthin bewegt. Doch das Sehsystem selbst hat keine Ahnung, was Schokoladeessen wirklich bedeutet: Es weiß nichts vom köstlichen bittersüßen Geschmack im Mund, von der cremigen Konsistenz, von dem Verlangen, das sie auslösen kann, dem köstlichen Nachgeschmack...

Vom motorischen System dagegen nahm man an, dass es für die komplizierte Handlungsprogrammierung zuständig sei. Wenn Sie sahen, wie jemand Schokolade aß und Sie dann das Gleiche taten, nahm man an, an diesem Nachahmungsverhalten sei das motorische System erst beteiligt, *nachdem* Sie die andere Person hatten essen sehen, *nachdem* Sie analysiert und erkannt hatten, was der andere getan hatte, und *nachdem* Sie für sich entschieden hatten, dass Sie ebenfalls ein Stück wollten. Nach dieser Auffassung war das motorische System nur die ausführende Instanz kognitiver Prozesse, die an anderer Stelle abliefen. Natürlich muss der interessanteste Aspekt für das Verstehen anderer ein Prozess sein, der abläuft, *nachdem* wir gesehen haben, was eine andere Person getan hat, aber *bevor* wir eine entsprechende Handlung ausführen. Sehr verbreitet war in den neunziger Jahren die Vorstellung, es gebe im Gehirn eine spezialisierte Region, die »mentalisierere«, das heißt, die anderen Menschen mit Hilfe des Sehsystems innere – »mentale« – Zustände zuschreibe. Diese Region schlage angemessene Reaktionen vor, so diese Theorie, woraufhin sich der motorische/prämotorische Kortex einschalte und diese Handlungen ausführe. Viele Forscher machten Jagd auf das »Mentalisierungsmodul«.

Von der Autismus-Forschung erhoffte man sich einen Schlüssel zum Verständnis dieses Mentalisierungsprozesses. Allem An-

schein nach haben Autisten normale Sehsysteme (es fällt ihnen nicht schwer zu beschreiben, wie die Welt um sie her aussieht) und normale motorische Systeme (sie bewältigen die meisten motorischen Aufgabe ebenso gut wie vergleichbare nicht-autistische Menschen). Dagegen scheinen sich ihre Mentalisierungsprozesse von denen der meisten anderen Personen zu unterscheiden. Wenn ich Ihnen eine M&M-Tüte zeigte und Sie fragte, was sich darin befände, würden Sie sagen: »M&Ms.« Öffnete ich die Tüte dann, um Ihnen zu zeigen, dass sie in Wirklichkeit Münzen enthielte, wären Sie überrascht. Käme Ihr Freund zum Zimmer herein, und ich fragte Sie: »Was wird Ihr Freund antworten, wenn ich ihn frage, was in der Tüte ist?«, würden Sie antworten: »Na, M&Ms natürlich.«

In Frankreich hat mein Freund und Kollege Bruno Wicker einen ähnlichen Test an autistischen Patienten durchgeführt. Als ich ihn besuchte, arbeitete er mit einem jungen Mann namens Jerome. »Er beendet gerade seine Dissertation in theoretischer Physik. Ein wirklich kluger Bursche!«, sagte Bruno, als wir auf ihn warteten.

Als Bruno mich mit Jerome bekannt machte, blickte dieser im Zimmer umher, schaute mir aber nie in die Augen. Bei der Begrüßung hatte seine Stimme einen flachen, fast mechanischen Klang. »Wir möchten Sie etwas fragen«, sagte Bruno und nahm eine dänische Keksschachtel von seinem Schreibtisch. »Was, denken Sie, befindet sich in dieser Schachtel?«, fragte er. »Kekse«, antwortete Jerome. Bruno öffnete die Schachtel, um ihm zu zeigen, dass anstelle der erwarteten Kekse Buntstifte darin waren. »Ah«, sagte Jerome. Bruno schloss die Schachtel, als seine Forschungsassistentin den Raum betrat. »Was, denken Sie, wird sie denken, dass sich in der Schachtel befindet?«, fragte Bruno Jerome. Die Frage erschien mir beleidigend trivial. »Himmel noch mal«, hätte ich fast gesagt, »der Mann studiert theoretische Physik.« Doch Jerome schien nicht beleidigt. »Buntstifte«, erwiderte er. Ich war fassungslos. Obwohl ihm komplizierte mathematische Gleichungen nicht die geringste Mühe machten, war seine Fähigkeit zu verstehen, was andere wussten oder nicht wussten,

beeinträchtigt. Von Beobachtungen wie diesen fasziniert, machte sich eine wachsende Zahl von Forschern Ende der neunziger Jahre auf die Jagd nach einer spezialisierten Hirnregion, die dafür zuständig war, die Gedanken anderer zu verstehen: Es ging um den schmackhaften Sandwichbelag, von dem Vittorio gesprochen hatte.

Vom Sehen zum Tun

»Die Spiegelneuronen verraten uns«, sagte Vittorio in seinem Vortrag, »dass diese Mentalisierungsprozesse nicht der einzig schmackhafte Teil sind. In ebenden motorischen Vorgängen, mit denen wir auf die Handlungen anderer Menschen reagieren – das langweilige Brot im klassischen Sandwich –, scheinen die faszinierendsten Prozesse überhaupt stattzufinden: Deine Handlungen werden meine Handlungen. Ich fühle, was du fühlst. Aus irgendeinem Grund scheinen wir nicht immer mentalisieren zu müssen, um die Handlungen anderer zu verstehen. Spiegelneuronen in unserem prämotorischen Kortex, dieser überaus pragmatischen Region, scheinen uns ein intuitives Verständnis für die Handlungen anderer zu vermitteln.«

Als ich an diesem Tag zu Mittag aß, schmeckte mein Sandwich anders als sonst. Mir wurde klar, dass Vittorio und seine Forschungsgruppe den Schlüssel zum größten Rätsel der sozialen Interaktionen gefunden hatten, der Frage nämlich, warum Menschen so leicht erkennen, was sich im Geist anderer Menschen abspielt. Diese scheinbar philosophische Frage ist sehr alt, doch jahrhundertlang hatte sich die Forschung auf explizite, logische Lösungen konzentriert, die keine befriedigende Antwort lieferten. Jetzt hatte die Neurowissenschaft ein Phänomen entdeckt, das ein neues Licht auf die Debatte warf; dem, was das Sehsystem entdeckt, wird Bedeutung zugewiesen, indem es mit unserem eigenen Handeln verknüpft wird. Sobald ich den Anblick von jemandem, der nach einem Stück Schokolade greift und es zum Mund führt, mit meiner Fähigkeit, das

Gleiche zu tun, verknüpfe, ist das, was ich sehe, kein abstrakter, bedeutungsloser Eindruck. Das Wissen, wie man Schokolade isst, wird mit dem Bild der Handlung (das beobachtete Schokoladeessen) verknüpft, wodurch das, was das Sehsystem entdeckt, eine sehr pragmatische Bedeutung erhält. Wenn ich Ihnen einen neuen Segelknoten zeigte und Sie fragte: »Kapiert?«, könnten Sie mir am überzeugendsten beweisen, dass Sie meine Demonstration verstanden hätten, indem Sie den Knoten vor meinen Augen knüpfen würden. Spiegelneuronen, die den Anblick einer Handlung mit dem an ihr beteiligten motorischen Programm verbinden, leisten genau dies, indem sie, was Sie sehen, umwandeln in das Wissen, wie es getan wird.

Ich war so fasziniert von dieser Entdeckung, dass ich mich um ein Stipendium bewarb, um mit der parmesischen Gruppe forschen zu können. Ein Jahr später, zwei Wochen, nachdem ich die endgültige Fassung meiner Dissertation abgegeben hatte, traf ich mit einem Auto voller Kartons und einem Kopf voller Ideen in Parma ein.

Ich fuhr meinen alten Golf und den Anhänger, der die lange Fahrt von Schottland nach England, auf die Fähre, durch Belgien, Deutschland und die Schweiz kaum überlebt hatte, zu einem neuen Gebäude knapp außerhalb des Stadtzentrums von Parma, gleich neben dem großen Krankenhaus der Stadt. Das moderne dreistöckige Gebäude hatte vor Kurzem das alte Bauwerk ersetzt, in dem zehn Jahre zuvor die ersten Spiegelneuronen entdeckt worden waren. Vittorio führte mich herum, bot mir einen Kaffee aus der kleinen Espressomaschine an, dem Mittelpunkt des sozialen Lebens im Institut, und zehn Minuten später waren wir im Labor.

Das Erste, was ich hörte, war das Maschinengewehrfeuer. Dann sah ich zwei Forscherinnen – Alessandra Umiltà und Evelyn Kohler –, die vor den Augen eines Affen Papierbögen zerrissen. Ich konnte der Versuchung nicht widerstehen – ich musste mein erstes Spiegelneuron testen. Nachdem ich beobachtet hatte, wie ein Affe eine Erdnuss nahm, und die Aktivität des Neurons im Verstärker gehört hatte, nahm ich selbst eine Erdnuss, wo-

raufhin das Neuron des Affen erneut feuerte. Ich war verblüfft. Lächelnd meinte Alessandra: »Ist doch was anderes, ein Spiegelneuron selbst zu erleben, als Artikel darüber zu lesen, oder?« Ich versuchte es mit einer weiteren Erdnuss, aber dieses Mal mit der anderen Hand und aus einem anderen Winkel – trotzdem feuerte das Neuron erneut, als wollte es sagen: »Ist mir egal, wie du greifst. Ich bin doch nicht blöd: Ich sehe, dass du greifst, und deshalb feuere ich!«

Hirnfunktionen, die auf Verbindungen zwischen Neuronen beruhen

Um Spiegelneuronen verstehen zu können, müssen wir wissen, wie Neuronen im Allgemeinen arbeiten und wie das Gehirn seine vielen Neuronen nutzt, um eine bestimmte Funktion wahrzunehmen. Die Neuronen in unserem Gehirn sind kleine Einheiten, die als Elemente in einer Verarbeitungskette mitwirken. Sie erhalten Input von Neuronen, die vor ihnen liegen, und schicken Output an Neuronen, die nach ihnen kommen. Diese Input- und Output-Signale sind chemischer Natur. Ein Neuron setzt an seinen Nervenendigungen, sogenannten Synapsen, kleine Dosen von Neurotransmittern frei, also von chemischen Stoffen, die Nachrichten zwischen Neuronen übertragen. Diese Stoffe fließen zum nächsten Neuron in der Kette. Wird nur eine einzige Dosis des Neurotransmitters freigesetzt und gelangt zum nächsten Neuron, geschieht nicht viel. Wenn hingegen das sendende Neuron sehr aktiv ist, indem es mehrere Dosen ausschüttet, und/oder andere Neuronen sich beteiligen und ihren eigenen Ausstoß an Neurotransmittern beisteuern, addieren sich diese Inputs. Überschreitet die Summe dieser Dosen die Schwelle des nachgeschalteten Neurons, löst dieses einen kurzen Impuls elektrischer Aktivität aus, ein sogenanntes »Aktionspotenzial«, was einen doppelten Effekt hat. Erstens bewirkt es die Ausschüttung von Neurotransmittern an der Synapse dieses Neurons, das damit ein sendendes Neuron wird. Zweitens ist das Aktionspoten-

zial ein so starkes elektrisches Ereignis, dass es von einer kleinen Elektrode aufgefangen werden kann, die man unweit dieses Neurons ins Gehirn eingeführt hat. Verstärkt und an einen Lautsprecher weitergeleitet, erzeugt es das »knallende« Geräusch, das wir in unserem Labor hören. Je mehr Input eine Zelle erhält, desto öfter kommt sie über die Reaktionsschwelle und erzeugt den Knall. Die Häufung dieses Schallereignisses lässt das charakteristische Geräusch eines Gewehrfeuers entstehen, das eine hohe Neuronenaktivität anzeigt. So können wir erkennen, wie groß die Erregung eines Neurons ist, das heißt, wir können eine Vorstellung von der Aktivität an diesem Punkt der Verarbeitungskette gewinnen.

Neben den exzitatorischen (erregenden) Synapsen, die die Aktivität einer Zelle verstärken, gibt es andere Synapsen, die sogenannten inhibitorischen (hemmenden) Synapsen, die den gegenteiligen Effekt haben, die also die Aktivität der empfangenden Nervenzelle verringern.

Das Gehirn enthält rund einhundert Milliarden Neuronen (eine eins mit elf Nullen), die durch 10^{15} Synapsen verbunden sind, und das Muster dieser Verschaltungen bestimmt die Funk-

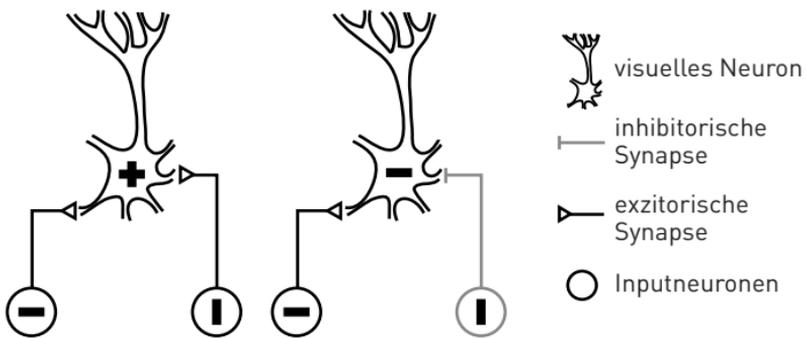


Abbildung 1.1

Ein Schaltschema, das veranschaulicht, wie ein und dasselbe Neuron (oben) entweder als »+«-Detektor fungieren kann, wenn es exzitatorischen Input von zwei visuellen Neuronen empfängt – das erste auf einen waagerechten und das zweite auf einen senkrechten Balken reagierend –, oder als »-«-Detektor, wenn es von jenem Neuron exzitatorischen und von diesem inhibitorischen Input erhält.

tionen des Nervensystems (vgl. Abbildung 1.1). Wenn ein Neuron einen exzitatorischen Input von einem anderen Neuron, das auf einen senkrechten Balken reagiert erhält und von einem weiteren, das auf einen waagerechten Balken anspricht, feuert es in der Regel, wenn es ein Plus-Zeichen sieht. Empfängt ein ähnliches Neuron exzitatorische Inputs von dem Neuron, das auf waagerechte Balken reagiert, jedoch inhibitorischen Input von dem auf einen senkrechten Balken ansprechenden Neuron, reagiert es nicht mehr auf ein Plus-Zeichen, sondern auf ein Minus-Zeichen. Entscheidend ist dabei, dass sich die Plus-Detektorzelle nicht von dem Minus-Detektor unterscheidet; die Differenz ist durch das Verschaltungsmuster mit anderen Neuronen gegeben.

Die Physiologen David Hubel und Torsten Wiesel haben als erste Elektroden in die Gehirne von Affen implantiert, die die Aktivität einzelner Neuronen aufzeichnen konnten. Im okzipitalen Kortex, im hinteren Kopfbereich, fanden sie genau den oben beschriebenen Detektortyp. Doch als sie die Elektroden einsetzten, wussten sie nicht, welche Verbindungen die betreffenden Neuronen aufwiesen und mit welchem Reiz sich ihre Aktivität steigern ließ. Da war ein wenig Detektivarbeit erforderlich, weil es eine Riesenzahl von Reizen gibt, die sich auf eine bestimmte Zelle anwenden lassen. Eine Zelle könnte am heftigsten auf Bilder oder auf Geräusche, Tasterlebnisse, Gerüche, Bewegungen oder auf eine Kombination dieser Sinnesreize reagieren. Vielleicht spricht ein bestimmtes Neuron auf den Geschmack von Zucker an; doch Sie können den ganzen Tag mit dem Vergleich von senkrechten und waagerechten Balken verbringen, ohne der Erkenntnis, dass für dieses Neuron ein süßer Geschmack der geeignetste Reiz ist, einen Schritt näherzukommen.

Die Entdeckung der Spiegelneuronen ließ so lange auf sich warten, weil es unmöglich war, alle denkbaren Reize zu testen. Die Zellen liegen im prämotorischen Kortex, wo fast alle Neuronen reagieren, wenn der Affe bestimmte Handlungen ausführt, also beispielsweise nach einer Rosine greift. Niemand kam auf die Idee, sich vor den Affen hinzustellen, um auszuprobieren, ob

die Neuronen auch auf eine vollkommen andere Klasse von Reizen reagieren: den Anblick von jemand anderem, der eine Rosine nimmt. Stellen Sie sich vor, Sie würden in einem Supermarkt nach Wein suchen, in einen Gang hineinblicken und sehen, dass in allen Regalen Bierflaschen stehen. Da kämen Sie doch sicherlich nicht auf die Idee, hinter dem Bier nach versteckten Weinflaschen zu suchen.

Als der Versuchsleiter einmal eine Rosine nahm, um sie dem Affen zu geben und so zu prüfen, ob ein bestimmtes Neuron feuerte, wenn der Affe einen kleinen Gegenstand ergriff, bemerkte die Gruppe in Parma zufällig, dass das Neuron auch reagierte, während der Forscher die Rosine nahm. Zunächst maß man diesen zusätzlichen Aktivierungen keine Bedeutung bei, weil sie nicht in die herrschende Auffassung von der Funktion dieses Hirnareals passten – so wie wir die Weinflaschen im Bierregal übersehen würden. Hinzu kommt, dass 90 Prozent der Zellen in dieser Region tatsächlich nicht reagieren, wenn das Individuum andere handeln sieht. Erst als diese Aktivität immer wieder auftrat, begann das Team die Beobachtung ernst zu nehmen. In gewisser Hinsicht war es reines Glück, dass die Forschungsgruppe diese Entdeckung machte, doch erst ein tieferes Verständnis ermöglichte ihr, deren Bedeutung zu erkennen

Das Gehirnvokabular des Handelns

Fast alle Neuronen im prämotorischen Kortex sind an der Ausführung einer bestimmten Handlung beteiligt, allerdings schwankt die Selektivität der Neuronen. Die »Selektivität« eines Neurons gibt an, wie heftig es auf jeden möglichen Reiz reagiert. Ein Vergleich: Ich könnte Ihre Selektivität für Musik messen, indem ich Ihnen verschiedene Stücke aus den Bereichen Pop, Rock, Jazz und Klassik vorspielte. Würden Sie positiv auf Klassik reagieren, aber nicht auf alle anderen Musikarten, käme ich zu dem Ergebnis, dass Sie sehr selektiv sind, und zwar selektiv für klassische Musik. Jemand anders würde vielleicht nur auf Jazz

positiv reagieren, auf alle anderen Musikarten, einschließlich der Klassik, hingegen nicht. Auch dieser Mensch wäre selektiv, allerdings für Jazz. Wieder eine andere Versuchsperson würde eine gemäßigte Reaktion auf jede ihm vorgespielte Art von Musik zeigen – diese Person wäre weniger selektiv.

Gleiches gilt für Nervenzellen. Einige reagieren nur dann stärker, wenn der Affe ein Objekt zwischen Zeigefinger und Daumen nimmt, und sonst bei keiner anderen Handlung, andere feuern nur – und nur dann –, wenn der Affe einen Gegenstand aufnimmt, indem er alle Finger um diesen schließt, und schließlich gibt es Neuronen, die bei beiden Greifbewegungen aktiviert werden – obendrein sogar, wenn das Tier den Gegenstand mit den Lippen ergreift.

Durch ihre unterschiedliche Selektivität bilden Neuronen ein »Vokabular« von Handlungen, die sich zu größeren Handlungseinheiten zusammenfügen lassen. Die Handlungssequenz »Erdnussessen« lässt sich beispielsweise durch die Kombination verschiedener Neuronen bilden: Zunächst feuern bestimmte Neuronen selektiv beim Aufbrechen der Schale, andere, wenn die Erdnuss aus der Schale geholt wird, dann welche, während die Nuss zum Mund geführt wird, und so fort. So erzeugt die Aktivitätssequenz in diesen Zellen mit unterschiedlichen Selektivitäten eine komplexe Handlung. Die Neuronen ähneln Wörtern, und die Sequenz neuronaler Aktivierung ähneln Sätzen. Aus einer bestimmten Menge prämotorischer Neuronen lassen sich verschiedene Handlungssequenzen zusammensetzen. Beispielsweise können viele der am Erdnussessen beteiligten Neuronen auch zum Rosinenessen verwendet werden, wobei allerdings die für das Aufbrechen der Schale zuständigen Neuronen übergangen würden. In gewisser Weise manifestiert sich in der Aktivität der prämotorischen Neuronen die Handlungssprache. In diesem Vergleich entsprechen mehr oder weniger selektive Neuronen Wörtern mit unterschiedlicher Spezifität. Die selektivsten Zellen stehen für sehr spezifische Verben, etwa »mit-den-Fingerspitzen-greifen«, weniger selektive ähneln eher dem Verb »nehmen«, das nicht festlegt, wie es geschehen soll.

Einführung des Sehens in die Welt der Bewegung

Nur ungefähr 10 Prozent der prämotorischen Neuronen sind Spiegelneuronen, die reagieren, wenn der Affe still sitzt und das Verhalten anderer beobachtet. Es gibt keine Möglichkeit zu entscheiden, ob ein Neuron ein Spiegelneuron oder ein gewöhnliches prämotorisches Neuron ist, während der Affe selbst eine Handlung ausführt. Gegenwärtig gibt es keinen Grund zu der Annahme, dass diese Spiegelneuronen eine andere Gestalt haben als andere Neuronen. Wahrscheinlich unterscheiden sie sich von anderen Neuronen nur durch ihre Verschaltung.

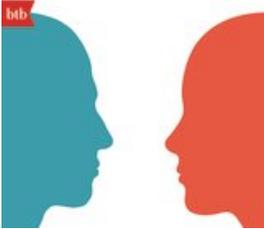
Irgendwie empfangen Spiegelneuronen exzitatorische Inputs aus visuellen Regionen des Gehirns, die auf den Anblick handelnder Individuen reagieren. Durch diese Verschaltungen »übersetzen« sie die visuelle Sprache in die motorische Sprache der eigenen Handlungen des Affen.

Recht bedacht, ist diese Übersetzung ein ziemliches Wunder. Stellen wir uns das Foto eines Schafs und den Klang des Wortes »Schaf« vor. Diese beiden Dinge sind vollkommen verschieden, und doch verknüpft unser Gehirn sie äußerst nachhaltig, weshalb uns erst nach einigem Nachdenken klar wird, dass sie vordergründig nichts gemein haben und dass ein französischer Sprecher beispielsweise nicht erkennen würde, dass sie zusammengehören. Irgendwie übersetzt unser Gehirn den Laut des Wortes in ein Vorstellungsbild vom Aussehen des Tiers und umgekehrt.

Das Gleiche gilt für unsere Handlungen. Während wir eine Handlung ausführen, veranlasst unser Gehirn unsere Muskeln, sich zu bewegen. Wenn wir dagegen die Handlungen von jemand anderem sehen, liegt es daran, dass Licht in unsere Augen fällt. Auch das sind zwei völlig verschiedene Dinge. Und doch assoziiert unser Gehirn sie sehr stark, weshalb wir ziemliche Schwierigkeiten haben, uns darüber klar zu werden, dass es keine Gemeinsamkeit gibt zwischen den Muskeln, die unseren Körper bewegen, und dem Licht, das auf unsere Netzhaut trifft. Wenn Spiegelneuronen in beiden Fällen reagieren – während der Affe

CHRISTIAN KEYSERS

**UNSER
EMPATHISCHES
GEHIRN**
Warum wir
verstehen, was andere fühlen

Christian Keysers**Unser empathisches Gehirn**

Warum wir verstehen, was andere fühlen

Taschenbuch, Broschur, 320 Seiten, 11,8 x 18,7 cm

ISBN: 978-3-442-74857-0

btb

Erscheinungstermin: Oktober 2014

Warum haben die Gefühle anderer so großen Einfluss auf uns?

Egal, ob wir auf einer Hochzeit gemeinsam mit der Braut zu Tränen gerührt sind oder im Kino mit dem Helden mitfiebern, die Emotionen anderer können zu einem Teil von uns und damit zu unseren Emotionen werden – als würde das, was anderen widerfährt, auf uns übergreifen. Doch wie stellt unser Gehirn das an? Warum sollten die Gefühle anderer so großen Einfluss auf uns haben? Der Hirnforscher Christian Keysers, Experte in Sachen Spiegelneuronen, gibt Einblick in sein Forschungsgebiet: unser Gehirn – und wie wir intuitiv verstehen und nachempfinden, was andere fühlen.