

**Empathie und
Spiegelneurone.
Die biologische Basis
des Mitgefühls.**

**Giacomo Rizzolatti
Corrado Sinigaglia**

**edition unseld
SV**

edition unseld 11

Ihre Entdeckung war eine der großen wissenschaftlichen Sensationen der letzten Jahre und gab schlagartig vielen scheinbar ausschließlich menschlichen Fähigkeiten eine biologische Basis: Spiegelneurone in unserem Gehirn spielen eine Schlüsselrolle, wenn wir uns in andere Menschen einfühen, wenn wir ihre Gefühle und Absichten erspüren, wenn wir Mitleid empfinden. Giacomo Rizzolatti hat die Spiegelneurone vor zehn Jahren in der Großhirnrinde von Rhesusaffen entdeckt. Die Neurone haben die erstaunliche Eigenschaft, immer gleich zu reagieren, egal ob der Affe eine Handlung selber ausführt oder ob er diese Handlung bei anderen beobachtet. In diesem Buch schreibt Giacomo Rizzolatti, zusammen mit Corrado Sinigaglia, zum ersten Mal selber über die weitreichenden Konsequenzen seiner Entdeckung, über die vielen Domänen unseres Denkens, Handelns und Empfindens, in denen das Spiegel-Prinzip eine Rolle spielt.

Giacomo Rizzolatti, geboren 1937 in Kiew, Professor für Physiologie an der Universität Parma. Er ist Mitglied der Accademia Nazionale dei Lincei, der Academia Europaea, der American Academy of Arts and Sciences und »Foreign Member« der Académie Française des Sciences.

Corrado Sinigaglia, geboren 1966, Dozent für Wissenschaftsphilosophie an der Universität Mailand.

Empathie und Spiegelneurone
Die biologische Basis des Mitgefühls

Giacomo Rizzolatti
Corrado Sinigaglia

Mit Abbildungen

Aus dem Italienischen von Friedrich Griese

Suhrkamp

Die *edition unseld* wird unterstützt durch eine Partnerschaft mit dem Nachrichtenportal *Spiegel Online*. www.spiegel.de

Titel der Originalausgabe:

So quel que fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio

© Mailand: Raffaello Cortina Editore 2006

Die vorliegende deutsche Ausgabe wurde gegenüber dem italienischen Original leicht gekürzt

edition unseld 11

Erste Auflage 2008

© Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 2008

Originalausgabe

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das des öffentlichen Vortrags sowie der Übertragung durch Rundfunk und Fernsehen, auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photographie, Mikrofilm oder andere Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Druck: CPI – Ebner & Spiegel, Ulm

Umschlaggestaltung: Nina Vöge und Alexander Stubić

Printed in Germany

ISBN: 978-3-518-26011-1

1 2 3 4 5 6 – 13 12 11 10 09 08

Empathie und Spiegelneurone

Inhalt

Danksagung	9
Vorwort.....	II
1 Das motorische System	17
Eine Kaffeetasse	17
Die Organisation der frontalen motorischen Felder	18
Die parietofrontalen Schaltungen	27
Eine erste Schlußfolgerung	32
2 Das Gehirn in Aktion	35
Bewegungen und Akte	35
Visuomotorische Eigenschaften.....	40
Die Schaltung des Ergreifens.....	46
Die Wege des Sehens.....	51
Das Wörterbuch der Akte.....	56
Mit der Hand sehen	61
3 Der uns umgebende Raum	65
Die Dinge erreichen	65
Die Koordinaten des Körpers	68
Nah und fern	72
Poincarés Duell.....	78
Für eine dynamische Konzeption des Raumes.....	83
Die unterschiedliche Reichweite der Handlungen.....	87
4 Handeln und Verstehen.....	91
Kanonische Neurone und Spiegelneurone.....	91
Einnehmen und Kommunizieren	95

Die Verbindungen mit der oberen Temporalfurche und dem unteren Parietallappen	100
Die Funktion der Spiegelneurone	102
Visuelle Repräsentation und motorisches Verstehen der Handlung	107
Die »Melodie« der Handlung und das Erkennen der Intentionen.	113
5 Die Spiegelneurone beim Menschen	122
Die ersten Anhaltspunkte	122
Brain-Imaging-Studien	125
Das gegenseitige Verstehen der Handlungen und der Intentionen	130
Unterschiede des Wortschatzes	137
6 Nachahmung und Sprache	144
Die Mechanismen der Nachahmung.	144
Nachahmung und Lernen.	148
Die gestische Konversation	155
Mund, Hand, Stimme	162
7 Das Mitempfinden von Emotionen	174
Die Rolle der Emotionen	174
Angewidert in der Insel.	178
Empathie und emotionale Färbung.	184
Anmerkungen	193
Literaturverzeichnis.	201
Glossar	228

Danksagung

Wir möchten vor allem Giulio Giorello dafür danken, daß er auf ein Projekt wie dieses Buch gesetzt hat. Ohne seine Unterstützung hätten wir es kaum zum Abschluß bringen können.

Viele der hier beschriebenen Arbeiten und Ergebnisse sind die Frucht jahrelanger Forschungen an der Universität Parma. Zahlreiche Freunde und Kollegen waren maßgeblich daran beteiligt. Massimo Matelli, Maurizio Gentilucci und Giuseppe Luppino haben zur Abgrenzung der vielfältigen motorischen Rindenareale und zur Erforschung ihrer Funktionen sehr viel beigetragen. Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi und Vittorio Gallese hatten von Anfang an Teil an der Entdeckung der überraschenden Eigenschaften der Spiegelneurone. Michael Arbib, Marc Jeannerod und Hideo Sakata haben bei der Entwicklung des hier vorgetragenen theoretischen Rahmens eine Schlüsselrolle gespielt. Scott Grafton, Marco Iacoboni, Giovanni Buccino und die Brain-Imaging-Gruppe von Mailand unter der Leitung von Ferruccio Fazio haben uns nicht wenige PET- und fMRI-Experimente ermöglicht. Laila Craighero, Pier Francesco Ferrari, Christian Keysers und Maria Alessandra Umiltà haben sich viel experimentelle Arbeit aufbürden lassen. Ihnen und all den anderen, die zum Team von Parma gehörten und noch immer gehören, gilt unser tiefempfundener Dank.

Dankbar sind wir auch Claudio Bartocci, Giorgio Bertolotti, Antonino Cilluffo, Gabriella Morandi und Stefano Moriggi, die so freundlich waren, Teile des Manuskripts zu lesen und uns Ratschläge und Anregungen zu geben. Domenico Mallamo hat uns bei der Beschaffung des Bildmaterials geholfen.

Ein Dankeschön schließlich an Mariella Agostinelli für die

Leidenschaft und Kompetenz, mit der sie unsere Arbeit in jeder Phase verfolgt hat, sowie an Raffaella Voi und Giorgio Catalano für das wertvolle und geduldige Lektorat.

Vorwort

Peter Brook sagte vor einiger Zeit in einem Interview, die Neurowissenschaften hätten mit der Entdeckung der *Spiegelneurone* zu verstehen begonnen, was das Theater seit jeher gewußt habe. Für den großen britischen Bühnendichter und Regisseur wäre die Mühe des Schauspielers umsonst, verstünde er es nicht, über alle sprachlichen oder kulturellen Schranken hinweg die Laute und Bewegungen seines eigenen Körpers den Zuschauern mitzuteilen und diese dadurch zu Mitwirkenden eines Ereignisses zu machen, zu dessen Entstehung sie beitragen müssen. Auf dieser unmittelbaren Teilhabe beruhe die Realität und Rechtfertigung des Theaters, und für sie lieferten die Spiegelneurone mit ihrer Fähigkeit, sich zu aktivieren, wenn man eine Aktion ausführt oder andere sie ausführen sieht, die biologische Basis.

Brooks Bemerkungen zeigen, welches Interesse die unerwarteten Eigenschaften dieser Neurone jenseits der Grenzen der Neurophysiologie geweckt haben. Diese Eigenschaften haben nicht nur die Künstler beeindruckt, sondern auch die Forscher, beispielsweise in der Psychologie, der Pädagogik, der Soziologie und der Anthropologie. Doch die Geschichte ihrer Entdeckung, die experimentellen Untersuchungen und theoretischen Annahmen, die sie ermöglichten, sowie die Folgen dieser Entdeckung für unser Verständnis der Architektur und Funktionsweise des Gehirns dürften wohl nur wenige kennen.

Mit dem vorliegenden Buch möchten wir versuchen, genau diese Geschichte zu erzählen. Sie beginnt mit der Analyse einiger Gesten (wie etwa, wenn man die Hand nach etwas ausstreckt und es ergreift oder wenn man die Nahrung zum Mund führt), die wir ihrer Vertrautheit wegen zu unterschätzen neigen,

und sie hat einen Protagonisten, dem die Neurowissenschaften (und nicht nur sie!) lange eine Nebenrolle zugeschrieben, den sie bisweilen sogar zum bloßen Komparisen herabgestuft haben: das *motorische System*.

Jahrzehntelang dominierte die Vorstellung, die motorischen Bereiche der Großhirnrinde seien einzig für ausführende Aufgaben bestimmt und praktisch ohne jede Bedeutung für die Wahrnehmung oder gar die Kognition. Problematisch, interessant an der Erklärung unseres motorischen Verhaltens wären danach nur die Verarbeitung der sensorischen Inputs und die Bestimmung der neuralen Substrate der kognitiven Prozesse, die mit der Produktion von Intentionen, Überzeugungen und Wünschen zusammenhängen. Wenn das Gehirn erst den Fluß der Informationen aus der Außenwelt zu sortieren und ihn mit den mentalen Repräsentationen zu integrieren vermag, die mehr oder weniger autonom in seinem Inneren erzeugt werden, sollten sich die mit der Bewegung verbundenen Probleme in der Mechanik ihrer Ausführung von selbst lösen, nach dem klassischen Schema: Wahrnehmung → Kognition → Bewegung.

Ein solches Schema konnte nur solange überzeugend erscheinen, wie man vom motorischen System ein extrem vereinfachtes Bild hatte. Das ist heute nicht mehr der Fall. Wir wissen, daß dieses System aus einem Mosaik von frontalen und parietalen Bereichen besteht, die eng mit den visuellen, auditorischen und taktilen Bereichen verbunden sind und sehr viel komplexere funktionelle Eigenschaften besitzen, als man vermutet hätte. Man hat insbesondere herausgefunden, daß es in einigen Bereichen Neurone gibt, die sich nicht bei einfachen Bewegungen aktivieren, sondern bei zielgerichteten motorischen Akten (wie dem Ergreifen, dem Halten, dem Manipulieren usw.) und selektiv auf die Form und Größe der Objekte reagieren, sowohl wenn

wir mit diesen interagieren als auch wenn wir sie lediglich beobachten. Diese Neurone sind offenbar in der Lage, innerhalb der sensorischen Information zu unterscheiden und im Rahmen der von diesen gebotenen Handlungsmöglichkeiten eine Auswahl zu treffen, unabhängig davon, ob diese Möglichkeiten konkret verwirklicht werden oder nicht.

Bei der Betrachtung der Mechanismen, nach denen unser Gehirn funktioniert, wird uns bewußt, wie abstrakt die gewöhnliche Beschreibung unseres Verhaltens ist, die ja dazu neigt, zwischen den rein physischen Bewegungen und den Akten zu unterscheiden, die vermittelt dieser Bewegungen ausgeführt werden. Ebenso abstrakt erscheinen viele der üblichen Experimente zur Ermittlung der Aktivität der Neurone, Experimente, bei denen man die Tiere, zum Beispiel die Affen, wie kleine Roboter betrachtet, die ausschließlich streng spezifizierte Aufgaben auszuführen vermögen. Läßt man die Tiere beim Registrieren der neuronalen Aktivität jedoch in einem möglichst natürlichen Kontext agieren, so daß das Tier, ganz wie es ihm gefällt, nach dem Futter oder den ihm dargebotenen Objekten greifen kann, so stellt man auf der kortikalen Ebene fest, daß das motorische System es nicht mit einzelnen Bewegungen zu tun hat, sondern mit Handlungen. Auch wir beschränken uns – nicht anders als die nichthumanen Primaten – in der Regel nicht darauf, Arme, Hände und Mund zu bewegen, sondern strecken unsere Hand nach etwas aus, ergreifen es und beißen hinein.

In diesen Akten, insofern sie *Akte* und nicht *bloße Bewegungen* sind, gewinnt unsere Erfahrung von der uns umgebenden Welt Gestalt und nehmen die Dinge für uns unmittelbare Bedeutung an. Die starre Abgrenzung zwischen perzeptiven, kognitiven und motorischen Prozessen entpuppt sich am Ende als weitgehend künstlich: Nicht nur scheint die Wahrnehmung in die Dy-

namik der Handlung verwickelt und stärker artikuliert zu sein, als man bisher gedacht hat; vielmehr ist das *agierende Gehirn* auch und vor allem ein *verstehendes Gehirn*. Es handelt sich, wie wir noch sehen werden, um ein pragmatisches, vorbegriffliches und vorsprachliches Verstehen, das deshalb aber nicht minder bedeutsam ist, da sich viele unserer so gefeierten kognitiven Fähigkeiten darauf stützen.

Diese Art von Verstehen äußert sich auch in der Aktivierung der Spiegelneurone. Anfang der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts entdeckt, zeigen sie, daß das Erkennen der anderen, ihrer Handlungen und sogar ihrer Intentionen in erster Linie von unserem motorischen Vermögen abhängt. Von den elementarsten und natürlichsten Akten, wie eben dem Ergreifen der Nahrung mit der Hand und dem Mund, bis hin zu den raffiniertesten, die besondere Fähigkeiten erfordern, wie etwa dem Vortrag eines Tanzschrittes, einer Sonate auf dem Klavier oder eines Theaterstücks, gestatten die Spiegelneurone unserem Gehirn, die beobachteten Bewegungen mit unseren eigenen in Beziehung zu setzen und dadurch deren Bedeutung zu erkennen. Ohne einen solchen Mechanismus könnten wir zwar über eine sensorische Repräsentation, eine »bildliche« Vorstellung des Verhaltens anderer verfügen, doch würden uns diese nicht erlauben, zu verstehen, was die anderen wirklich tun. Wir könnten natürlich, weil wir mit höheren kognitiven Fähigkeiten ausgestattet sind, über das Wahrgenommene nachdenken und daraus Folgerungen bezüglich der eventuellen Intentionen, Erwartungen oder Motivationen ziehen, die den von den anderen vollzogenen Akten einen Sinn geben würden. Unser Gehirn ist jedoch imstande, die letzteren unmittelbar zu verstehen, sie zu erkennen, ohne irgendeine Überlegung anzustellen, allein auf die eigenen motorischen Fähigkeiten gestützt.

Das Spiegelneuronensystem ist für das Entstehen dieses Erfahrungsbereichs offenbar so entscheidend, daß es unserer Fähigkeit zugrunde liegt, nicht nur als individuelle, sondern auch und vor allem als gesellschaftliche Subjekte zu handeln. Mehr oder weniger komplizierte Formen der Nachahmung, des Lernens sowie der gestischen und sogar verbalen Kommunikation finden tatsächlich eine genaue Entsprechung in der Aktivierung bestimmter Spiegelschaltungen. Mehr noch: Schon unsere Möglichkeit, die emotionalen Reaktionen der anderen zu verstehen, ist an ein bestimmtes Ensemble von Bereichen gebunden, die sich durch Spiegeleigenschaften auszeichnen. Nicht nur Handlungen, auch Emotionen scheinen unmittelbar geteilt zu werden: Nehmen wir bei anderen Schmerz oder Ekel wahr, so werden dieselben Bereiche der Großhirnrinde aktiviert, die beteiligt sind, wenn wir selbst Schmerz oder Ekel empfinden.

Dies zeigt, wie tief verwurzelt und stark die Beziehung ist, die uns mit den anderen verbindet, oder wie bizarr es ist, sich ein *Ich* ohne ein *Wir* vorzustellen. Jenseits aller sprachlichen oder kulturellen Unterschiede – daran erinnerte Peter Brook – sind Schauspieler und Zuschauer darin vereint, daß sie dieselben Handlungen und Emotionen erleben. Die Erforschung der Spiegelneurone scheint uns zum ersten Mal einen einheitlichen theoretischen und experimentellen Rahmen zu bieten, in dem wir beginnen können, jene Art von Teilhaberschaft zu entschlüsseln, die das Theater inszeniert und die tatsächlich die Voraussetzung unserer gesamten intersubjektiven Erfahrung bildet.

1 Das motorische System

Eine Kaffeetasse

Beginnen wir mit einem Beispiel. Nichts erscheint uns einfacher, als eine Kaffeetasse in die Hand zu nehmen. Diese so natürliche Geste umfaßt jedoch eine Vielzahl von Prozessen, die dermaßen miteinander verflochten sind, daß wir sie auf den ersten Blick nicht auseinanderhalten können. Zunächst müssen wir die Tasse identifizieren und sie zwischen anderen vorhandenen Objekten auswählen, die alle um unsere Aufmerksamkeit wetteifern. Dazu müssen wir Kopf und Augen so ausrichten, daß das Bild der Tasse auf unsere Fovea fällt, also auf jenen Punkt der Netzhaut mit der größten Sehschärfe, der uns erlaubt, alle Aspekte (Form, Lage des Henkels, Farbe usw.) optimal einzuschätzen. Wenn wir dann nach der Tasse greifen wollen, müssen wir sie in bezug auf unseren Körper lokalisieren – nur dann können wir die Hand nach ihr ausstrecken und sie *erreichen*. Gleichzeitig müssen wir sozusagen ihre Maße nehmen, damit wir sie auf die uns geeignet erscheinende Weise *ergreifen* können.

Die Tasse diktiert uns ein Ensemble von *Maßen* und *Modalitäten des Ergreifens*: An uns ist es dann, zu reagieren und zu entscheiden, wie wir uns ihnen entsprechend bewegen, indem wir unter den möglichen Griffen den zweckmäßigsten oder auch denjenigen anwenden, der unseren Gewohnheiten am nächsten kommt. Wir bemerken es gewöhnlich nicht, aber unsere Finger und die Handfläche haben bereits begonnen, die geometrische Gestalt jenes Teils der Tasse, der uns interessiert, und die ihr entsprechenden Grifftypen vorwegzunehmen. Sobald wir die Tasse erreichen, erhält die Hand von der Haut, den Gelenken

und den Muskeln Informationen, die ihr erlauben, den Griff zu verfeinern und die Tasse zum Mund zu führen.

Ganz abgesehen von den Anpassungen der Körperhaltung, die der Durchführung jeder der oben beschriebenen Bewegungen vorausgehen, deren Folgen vorhersehen und eine angemessene Kontrolle des dynamischen Gleichgewichts des Körpers in den unterschiedlichen Situationen erlauben, in die er während der Aktionen gerät, und auch abgesehen von der Rolle, welche das Lernen und die Erfahrung in den einzelnen Phasen der Identifikation, der Lokalisierung, des Erreichens und des Ergreifens des Objekts spielt, kommt bei einer so elementaren Geste wie dem Ergreifen einer Kaffeetasse ein verwickeltes Geflecht ins Spiel, an dem (visuelle, taktile, olfaktorische, propriozeptive usw.) Reize, Motivkomplexe, körperliche Dispositionen und motorische Leistungen beteiligt sind, die miteinander und mit den uns umgebenden Objekten interagieren und jedesmal mehr oder weniger feine Formen der Abstimmung realisieren.

Doch was geschieht, wenn wir von der deskriptiven Ebene zur neurophysiologischen übergehen? Dürfen wir erwarten, die oben aufgezählten Prozesse hier auf anatomisch und funktionell unterscheidbare kortikale Schaltungen zurückführen zu können? Welche neuralen Systeme wären dann auf der kortikalen Ebene daran beteiligt, daß wir eine Kaffeetasse ergreifen? Und wie würden sie dann miteinander kooperieren?

Die Organisation der frontalen motorischen Felder

Der Leser wird vielleicht von der Einfachheit unseres Beispiels überrascht sein und womöglich darüber staunen, daß anhand dessen die Neurowissenschaften oder gar die Kognitionswissen-

schaften erörtert werden können. Doch die Analyse der neuralen Mechanismen, die einem elementaren Akt wie dem Ergreifen (und vielen anderen Akten unserer täglichen Erfahrung) zugrunde liegen, hat uns in den letzten zwanzig Jahren zu einer Revision vieler wichtiger Aspekte des herkömmlichen Verständnisses der Funktionsweise des Gehirns bewogen, namentlich im

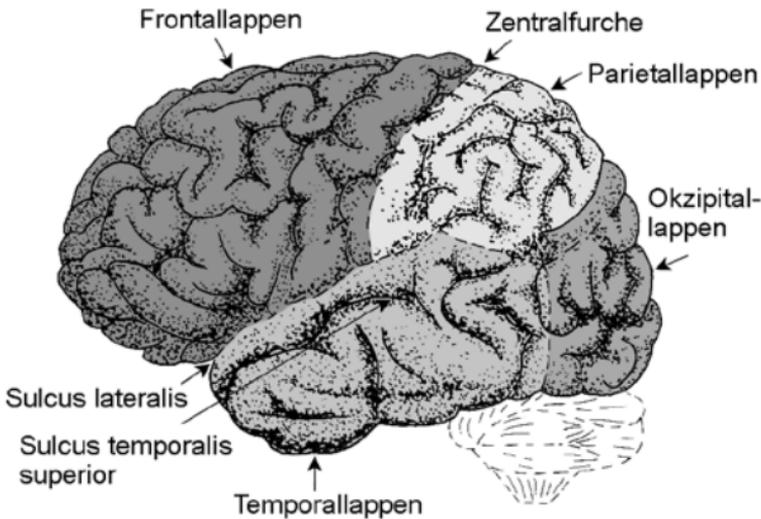


Abbildung 1.1: Seitenansicht der Großhirnrinde des Menschen mit den Gehirnlappen und einigen der wichtigsten Furchen. Der Okzipitallappen und der unterhalb der Temporalfurche gelegene Teil des Temporallappens (unterer Temporallappen) beherbergen visuelle Funktionen. Die primären akustischen Areale verbergen sich im Sulcus lateralis, auch Sylvische Fissur genannt. Vorwiegend akustische Funktionen hat auch die obere Temporalwindung (also die Rinde über der oberen Temporalfurche). Die in der oberen Temporalfurche verborgenen Areale sind teils visuelle Areale höherer Ordnung, teils polymodale Areale (Konvergenz der visuellen, akustischen und somatischen Modalitäten). Der Parietallappen beherbergt im vorderen Teil Areale für somatische Empfindungen, der hintere Teil Funktionen, die traditionell als assoziativ eingestuft werden. Der hintere Teil des Frontallappens enthält die motorischen Areale. Der vordere Teil dieses Lappens (Präfrontallappen) hat kognitive Funktionen.