

**Und alle!**

Wir können unsere Handlungen in der Gruppe sehr gut koordinieren – vor allem wohl dank der Spiegelneurone in unseren Gehirnen.

Doch keine Alleskönner?

Spiegelneurone galten einst als Universaltalente. Sie sollten maßgeblich dazu beitragen, dass wir Sprache verstehen, die Handlungen anderer richtig interpretieren und uns in andere hineinversetzen können. Doch mittlerweile beginnen Forscher daran zu zweifeln.

VON CHRISTIAN WOLF

Es klang ziemlich vollmundig, was der indische Neurologe Vilayanur Ramachandran im Jahr 2000 verkündete: Die Entdeckung der Spiegelneurone werde sich für Psychologen als ebenso wichtig erweisen wie die der DNA für Biologen. Acht Jahre zuvor hatten italienische Wissenschaftler diese als »mirror neurons« bekannt gewordenen Nervenzellen eher zufällig entdeckt. Ein Team um den Neurophysiologen Giacomo Rizzolatti von der Universität in Parma wollte eigentlich herausfinden, wie Primaten Bewegungen planen. Hierfür untersuchten die Forscher bei Makakenäffchen die Nervenzellaktivität in einem bestimmten Areal der Großhirnrinde, das auf zielgerichtete Handbewegungen spezialisiert ist. Erwartungsgemäß feuerten die Nervenzellen, wenn das Tier nach Früchten griff. Doch als einer der Versuchsleiter selbst eine Rosine nahm, regten sich die Neurone ebenfalls.

Anscheinend spiegelten die Hirnzellen des Tiers das Gesehene, indem sie es nachahmten – als würde der Affe selbst zugreifen. Möglicherweise sei dieser Mechanismus wichtig, damit wir beobachtete Aktionen verstehen, vermuteten Rizzolatti und sein Team. So könnten Spiegelneurone auch dem Menschen helfen, fremde Bewegungen innerlich »nachzuspielen« und als absichtsvolle Handlungen einzuordnen.

Im Lauf der folgenden Jahre rückten die neu entdeckten Zellen in den Fokus des wissenschaft-

lichen Interesses. Forscher trauten ihnen zunehmend mehr zu. So sollten die Spiegelneurone eine maßgebliche Rolle beim Verstehen von Sprachen spielen. Auch vermutete man, dass sie entscheidend zur Fähigkeit beitragen, sich in andere hineinzuversetzen (siehe GuG 11/2009, S. 64). Bei Autisten, so der Verdacht, würden sie nur unzureichend funktionieren.

Mangel an Beweisen

Freilich blieben diese Annahmen bis heute umstritten. Lange gab es keine sicheren Beweise dafür, dass der Mensch überhaupt Spiegelneurone besitzt. Denn Untersuchungen an einzelnen Hirnzellen sind – anders als in Tierexperimenten – in der Regel kaum möglich. Über viele Jahre hinweg lieferten nur bildgebende Verfahren wie die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) entsprechende Hinweise, doch diese erfassen die Aktivität von größeren Neuronenverbänden und nicht von einzelnen Zellen.

2010 lieferten Forscher um den Neurowissenschaftler Roy Mukamel von der University of California in Los Angeles erstmals einen direkten Beleg für die Existenz von Spiegelneuronen beim Menschen. Sie untersuchten 21 Epilepsiepatienten, denen man zur Früherkennung sich anbahnender Attacken Elektroden in den Kopf eingepflanzt hatte. Mukamel und sein Team zeichneten in den Gehirnen dieser Patienten die Aktivitätsmuster von fast 1200 Nervenzellen auf,

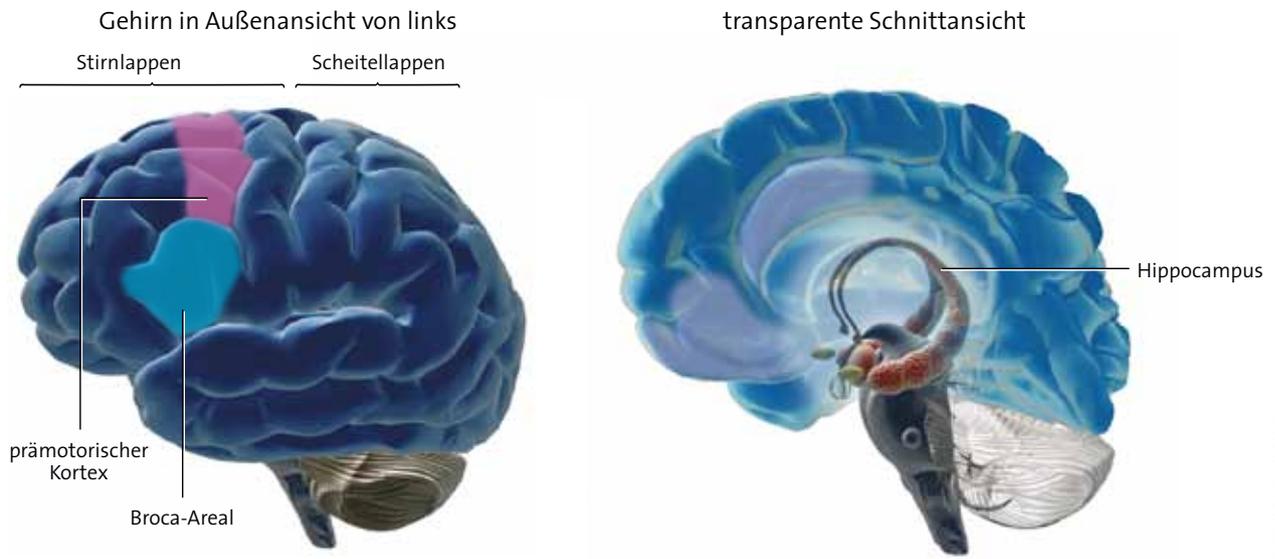
AUF EINEN BLICK

Evolutionäre Zellen

1 Spiegelneurone im Gehirn von höheren Säugern werden aktiv, egal ob das betreffende Tier Handlungen selbst ausführt oder bei anderen nur beobachtet.

2 Diese speziellen Nervenzellen wurden Anfang der 1990er Jahre bei Affen entdeckt. Seit einigen Jahren ist sicher belegt, dass sie auch beim Menschen vorkommen.

3 Forscher streiten darüber, welchem Zweck diese Neurone dienen. Offenbar wirken sie daran mit, dass wir Bewegungen anderer erkennen und innerlich nachahmen können. Für Sprache und Empathie scheinen sie hingegen weniger wichtig zu sein.



Aufgespürt

Vor wenigen Jahren lieferten Forscher den ersten direkten Beweis für die Existenz von Spiegelneuronen beim Menschen. Sie fanden solche Zellen vor allem im Hippocampus und im prämotorischen Kortex. Auch in dem für die Sprachproduktion wichtigen Broca-Areal wurden Regionen ausfindig gemacht, die dem Spiegelneuronensystem beim Affen entsprechen.

und zwar während die Betreffenden entweder nach Gegenständen griffen oder kurze Filme anschauten, in denen andere Personen mit Objekten hantierten. Die Wissenschaftler konzentrierten ihre Aufmerksamkeit auf diejenigen Neurone, die in beiden Fällen feuerten. Besonders viele davon fanden sie im Hippocampus (einer Hirnstruktur, die für die Gedächtnisbildung wichtig ist) sowie im prämotorischen Kortex. Dieser wirkt am Erlernen von Handlungsabfolgen mit und bereitet komplexe Bewegungen vor.

Eine Untergruppe der Spiegelneurone fiel besonders auf. Sie feuerten verstärkt beim aktiven Ausführen einer Bewegung, jedoch weniger stark beim reinen Betrachten derselben. »Vermutlich hält uns das davon ab, eine beobachtete Handlung automatisch zu imitieren«, spekuliert Mukamel. »Außerdem unterstützen uns diese speziellen Spiegelneurone womöglich dabei, die Handlungen anderer von unseren eigenen zu unterscheiden.«

Auch wenn die Existenz menschlicher Spiegelneurone damit wohl nachgewiesen ist, ihre genaue Bedeutung bleibt unklar. Erlauben sie uns, Bewegungen sowohl auszuführen als auch, sie

bei anderen wahrzunehmen und korrekt zu interpretieren? Und wenn ja, vermittelt welcher neuronalen Prozesse? Das ist unter Experten umstritten.

Die Neuropsychologin Gioia Negri von der International School for Advanced Studies im italienischen Triest ging dieser Frage vor sechs Jahren gemeinsam mit Kollegen nach. Das Team untersuchte Apraxiepatienten, die nicht fähig sind, willkürliche, zielgerichtete Bewegungen zu machen. Konnten die Betroffenen trotzdem gezielte Handlungen eines Gegenübers erkennen?

Können fördert das Verstehen

Die Forscher baten die Patienten, verschiedene Aktionen bei anderen zu beobachten, um sie anschließend zu benennen und nachzuahmen. Beispielsweise führte der Versuchsleiter pantomimisch vor, wie man einen Nagel in die Wand einschlägt, und die Teilnehmer mussten erkennen, was er tat. Zu Vergleichszwecken absolvierten auch gesunde Menschen dieselben Aufgaben.

Im Vergleich der Patientengruppe mit derjenigen der Gesunden zeigte sich: Die Fähigkeit, beobachtete Handlungen zu benennen, steigt

»Spiegelneurone scheinen dafür wichtig zu sein, dass wir äußerlich erkennbare Bewegungen nachvollziehen können. Weisen wir diesen Bewegungen eine Absicht zu, schalten sich Netzwerke ein, die soziale Signale verarbeiten. Sie könnten dafür sorgen, dass wir eine Aktion tatsächlich verstehen«

mit dem Vermögen, sie selbst auszuführen. Es gab aber auch Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel. Manche Betroffene waren zu bestimmten Tätigkeiten nicht selbst in der Lage, erkannten diese jedoch, wenn sie von Fremden vorgeführt wurden. Bei anderen Patienten war es umgekehrt. Dies beweist, dass »Bewegungen selbst beherrschen« und »gesehene Bewegungen richtig deuten« nicht immer Hand in Hand geht.

Weitere Befunde hat Gregory Hickok von der University of California in Irvine zusammengetragen. Ihm zufolge gibt es keine Belege dafür, dass ein defektes Spiegelneuronensystem zu einem eingeschränkten Verständnis von Bewegungen führt. Menschen seien durchaus in der Lage, Handlungen nachzuvollziehen, die sie selbst nicht ausführen können, etwa das Spielen auf einem Klavier.

Laut Hickok sind Spiegelneurone eher für das offene Imitationsverhalten wichtig, welches



GROSS, L. EVOLUTION OF NEONATAL IMITATION. IN: PLOS BIOLOGY 4, E311, 2006

Wahrnehmung und Bewegung miteinander verknüpft. So würden junge Makaken – jene Affen, bei denen diese Zellen erstmals nachgewiesen wurden – ihre Artgenossen häufig nachahmen.

Tragen Spiegelneurone dazu bei, fremde Bewegungen zu registrieren und innerlich nachzumachen, während Sinn und Zweck solcher Handlungen in anderen Hirnarealen interpretiert werden? Das legt eine Studie von 2010 nahe, die der Psychiater und Neurowissenschaftler Kai

Zungenimitator
Ein junges Makaken-
äffchen macht im
Experiment von For-
schem um Pier Ferrari
von der Universität
in Parma Gesichtsaus-
drücke nach.

LIEFERBARE HEFTE VON GEHIRN UND GEIST

GuG 6 / 2013



- > Wie Mehrsprachigkeit das Hirn trainiert
- > Ernährung: Vegetarier ticken anders
- > Kreativität: Besser denken dank Hirnstimulation

€ 7,90

GuG 5 / 2013



- > Die Grundgesetze der Freundschaft
- > E-Mail und SMS: So wirken Smileys
- > Sinnesorgane aus dem Labor
- > Transsexualität: Im falschen Körper geboren

€ 7,90

GuG 4 / 2013



- > Was formt unsere Intelligenz?
- > Schlaganfall: Warum schnelle Hilfe so wichtig ist
- > Neurotheorie: Wie das Gehirn in die Zukunft blickt

€ 7,90

GuG 3 / 2013



- > Ist hochfunktionaler Autismus eine Modediagnose?
- > Partnerwahl: Hilft das Internet, den richtigen Partner zu finden?
- > Gedächtnis: Wie wir absichtlich vergessen

€ 7,90

GuG 1-2 / 2013



- > Online-Psychotherapie: Was leistet die virtuelle Couch?
- > Lernen: Schlau durch Bewegung
- > Fühlen: Wie Stress auf das Herz schlägt
- > Glauben: Rudolf Steiner – ein genialer Guru?

€ 7,90



www.gehirn-und-geist.de



Tel.: 06221 9126-743
Fax: 06221 9126-751
E-Mail: service@spektrum.com
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Slevogtstraße 3-5 | 69126 Heidelberg

Spektrum
DER WISSENSCHAFT
VERLAG



Literaturtipp

Rizzolatti, G., Sinigaglia, C.: Empathie und Spiegelneurone. Die biologische Basis des Mitgefühls. Suhrkamp, Berlin 2008
Der Neurophysiologe Giacomo Rizzolatti gehört zu den Entdeckern der Spiegelneurone. In diesem Buch beschreibt er, in welchen Domänen unseres Denkens, Handelns und Empfindens das Spiegel-Prinzip eine Rolle spielt.

Quellen

Dinstein, I. et al.: Normal Movement-Selectivity in Autism. In: *Neuron* 66, S. 461–469, 2010
Hickok, G., Hauser M.: (Mis)Understanding Mirror Neurons. In: *Current Biology* 20, S. 593–594, 2010
Rogalsky, C. et al.: Are Mirror Neurons the Basis of Speech Perception? Evidence from Five Cases with Damage to the Purported Human Mirror System. In: *Neurocase* 17, S.178–187, 2011

Weitere Quellen im Internet:
www.gehirn-und-geist.de/artikel/1194660

Vogele von der Uniklinik Köln leitete. Die Forscher präsentierten Studienteilnehmern zwei Kugeln, die sich vor einem schwarzen Hintergrund bewegten. Dabei näherte sich beispielsweise eine Kugel einer zweiten, worauf diese ebenfalls auf ihr Gegenüber zusteuerte.

Die Teilnehmer sollten angeben, ob die Kugeln auf sie wie animierte Objekte oder eher wie Lebewesen wirkten. Gleichzeitig untersuchte das Team mittels fMRT, was im Gehirn der Probanden vor sich ging. Nahmen die Teilnehmer die Kugeln als lebendig wahr, zeigten sich vor allem solche Hirnregionen vermehrt aktiv, die soziale Signale verarbeiten – etwa der mediale präfrontale Kortex. Erachteten die Beobachter das Geschehen hingegen als unbelebt, so regten sich Bereiche im Scheitel- und Stirnlappen. Spiegelzellen scheinen also dafür wichtig zu sein, äußerlich erkennbare Bewegungen nachzuvollziehen. Weisen wir diesen Bewegungen jedoch eine Absicht zu, schalten sich offenbar neuronale Netzwerke mit sozial relevanter Funktion ein. Sie könnten dafür sorgen, dass wir eine Aktion tatsächlich verstehen.

Knackpunkt Sprache

Spiegelneurone wurden bereits mehrfach auch mit dem Produzieren und Verstehen von Sprache in Verbindung gebracht. Das geht auf frühere MRT-Untersuchungen zurück, in denen Forscher Hirnregionen ausfindig gemacht hatten, die dem Spiegelneuronensystem beim Affen entsprechen. Diese Regionen befanden sich unter anderem im Broca-Areal, beim Menschen ein Teil des Sprachzentrums.

Rizzolatti und seine Kollegen warfen schon 1996 die Frage auf, ob Spiegelneurone an sprachlichen Leistungen beteiligt sind. Sie gingen davon aus, dass bei Schädigung der motorischen Sprachareale – also jener Hirnregionen, die Sprache hervorbringen helfen – auch die Sprachwahrnehmung beeinträchtigt sein müsse. Tatsächlich schienen einige Studien das zunächst zu bestätigen.

Doch 2011 stellten Greg Hickok und seine Kollegen diese Befunde in Frage. Sie untersuchten Patienten, die auf Grund von Hirnschäden an einer speziellen Sprachstörung litten, der so genannten Broca-Aphasie. Die Betroffenen haben

zwar große Schwierigkeiten, sich zu artikulieren, können Gesprochenes aber problemlos verstehen. Hickok und sein Team schließen daraus, dass die motorischen Sprachareale nur wenig dazu beitragen, Sprache zu verstehen. Zumindest jene Spiegelneurone, die durch die Hirnschädigung in Mitleidenschaft gezogen wurden, waren hierfür offenbar entbehrlich.

Umstritten ist auch, welche Rolle Spiegelneurone bei Autismus spielen. Einer verbreiteten Annahme zufolge sind Autisten gewissermaßen blind gegenüber den mentalen Zuständen ihrer Mitmenschen. Ihnen fehle eine »Theorie des Geistes«, auch »Theory of Mind« genannt – folglich könnten sie die Absichten anderer nicht erfassen. Dieses Unvermögen führten manche Forscher auf ein gestörtes Spiegelneuronensystem zurück. Tatsächlich schienen einige Arbeiten in diese Richtung zu deuten.

Vor drei Jahren erschien jedoch eine Studie, die an besagter These zweifeln lässt. Forscher um den Neurowissenschaftler Ilan Dinstein von der New York University ließen 13 Autisten und 10 Gesunde verschiedene Handbewegungen entweder durchführen oder lediglich beobachten – und untersuchten per fMRT, was dabei im Gehirn der Teilnehmer passierte. Es zeigte sich, dass die prämotorischen Hirnbereiche der Autisten genauso intensiv reagierten wie die der Gesunden. Auch passten die Nervenzellen ihre Aktivität in beiden Gruppen ganz ähnlich an die jeweiligen Reize an. Das spricht laut Dinstein gegen die These, bei Autisten sei das Spiegelneuronensystem fundamental beeinträchtigt.

Die Kontroverse darum, welche Funktion die Spiegelneurone genau haben, wird wohl noch eine Weile anhalten. Doch eines scheint jetzt schon sicher: So wie die »Buchstabenfolge« der DNA nicht alle Lebensvorgänge erklären kann, stellen auch Spiegelneurone vermutlich nur einen von vielen Bausteinen des menschlichen Geistes dar. ∞



Christian Wolf ist promovierter Philosoph und arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Berlin.