

HIRNFORSCHUNG

## Die Zellen des Anstoßes

Hirnforscher waren sich schon ganz sicher: Spiegelneuronen sollen Basis sein für Mitgefühl, Kultur, Religion und Sprache. Doch die Theorie weckt Zweifel.

VON Werner Siefer | 16. Dezember 2010 - 07:00 Uhr

© Elmer Martinez/AFP/Getty Images



Emotionen wie Trauer, Angst oder Ekel können eine ansteckende Wirkung auf andere haben

Spiegelneuronen sind Pop. Wenn der Fußballfan auf dem Sofa beim Schuss des Stürmers ebenfalls mit dem Bein ausschlägt, ruft er: »Meine Spiegelneuronen!« Steckt in einer Sitzung jemand die anderen mit seinem Gähnen oder Lachen an, können sie entschuldigend auf ihr Gehirn verweisen. Richtig, die Spiegelneuronen!

Die Nervenzellen erklären angeblich *Warum ich fühle, was du fühlst* und *Woher wir wissen, was andere denken und fühlen*, wie einschlägige Buchtitel suggerieren. Kultur, Kunst und Sprache, unsere Fähigkeit zu helfen und Gesellschaften zu bilden – all dies beruht offenbar auf den raffinierten Schaltern im Oberstübchen.

Der Hype begann bereits vor etwa fünfzehn Jahren: Damals entdeckten italienische Neurologen erstmals bei Affen, dass spezielle Zellen im Gehirn sowohl beim eigenen Handeln feuern, als auch, wenn man die entsprechende Handlung bei anderen nur *beobachtet*. Damit schien plötzlich ein ganz einfaches neuronales Korrelat für unsere Fähigkeit zum Verstehen und Begreifen gefunden zu sein: Dank der Spiegelneuronen, jubelten die Forscher, übersetze unser Gehirn mühelos eine beobachtete Szene in etwas selbst Erlebtes.

### ENTDECKUNG

Der Streit um die Spiegelneuronen beginnt mit einer Erdnuss. Denn ihr verdanken Giacomo Rizzolatti und Vittorio Gallese jene aufsehenerregende Entdeckung, mit der alles anfängt.

Im Jahre 1995 wollen die italienischen Neurologen untersuchen, wie das Gehirn eines Affen arbeitet, wenn das Tier nach Futter greift. Dabei stellen sie zu ihrer Überraschung fest: Bestimmte Nervenzellen (Neuronen) im Affenhirn feuern nicht nur, wenn das Tier selbst mit seiner Hand nach einer Erdnuss greift – sondern auch, wenn der Makake nur dabei zusieht, wie ein anderes Tier oder einer der Forscher die Hand nach der Nuss ausstreckt. Die Zellen, folgern Rizzolatti und Gallese, »spiegeln« also die Bewegung eines Gegenübers wider.

### FÄHIGKEIT

Von Spiegelneuronen ist daher bald die Rede. Für Gallese und Rizzolatti bilden die erstaunlichen Zellen die Basis der Fähigkeit zum Verständnis eines Gegenübers. Indem die neuronale Aktivität das Verhalten von anderen spiegelt, könne der Affe deren Handlungen im eigenen Kopf nachempfinden. Mit anderen Worten: Die Spiegelneuronen helfen ihm gewissermaßen, sich ins Gehirn seines Gegenübers zu versetzen.

### VERSUCHE

Das elektrisiert die internationale Forschergemeinde. Bald gibt es viele weitere Versuche zu Spiegelneuronen, und es stellt sich heraus: Die Wunderzellen lassen sich nicht nur bei Makakenaffen, sondern auch beim Menschen nachweisen. Und sie sprechen nicht allein auf simple Greifbewegungen an, sondern sind selbst an komplexen geistigen und emotionalen Fähigkeiten beteiligt.

Britische Forscher erklären zum Beispiel die ansteckende Wirkung des Lachens mittels Spiegelneuronen. Deren Aktivität sorgt dafür, dass man automatisch mitlacht, wenn man eine andere Person lachen sehe. Ähnliches gelte für Emotionen wie Trauer, Angst oder Ekel.

### THEORY OF MIND

Damit scheinen die Spiegelzellen eine zentrale Rolle für die Fähigkeit zu spielen, sich in die Gefühle und geistigen Zustände einer anderen Person hineinversetzen zu können. Theory of Mind wird dieses (besonders beim Menschen ausgeprägte) Talent genannt, das unabdingbar dafür ist, das Verhalten eines Gegenübers deuten zu können.

### WISSENSCHAFT

Doch neuerdings regt sich Widerspruch an dieser Deutung. Vor allem jüngere Neurowissenschaftler meinen, dass die Rolle der Spiegelneuronen von Gallese und anderen Forschern stark überzeichnet wurde. Die Kritik entzündet sich vor allem an der Gleichsetzung von neuronaler Aktivität und dem geistigen Prozess des Verstehens. Dieser sei viel zu komplex, um sich allein auf das Feuern einiger Neuronen zurückführen zu lassen.

Jenen Hirnforschern, die in den vergangenen Jahren mit vollmundigen Behauptungen die Spiegelneuronen hochgejubelt haben, schlägt nun also ausgerechnet aus den eigenen Reihen die härteste Kritik entgegen.

Heute scheinen die allmächtigen Neuronen selbst den Fortbestand der Zivilisation zu sichern: Laut dem US-Soziologen und Autor Jeremy Rifkin kommt es ganz auf die Spiegelzellen an, wenn es gelingen soll, »das empathische, das biosphärische Bewusstsein« zu entwickeln und im globalen Miteinander die haltlose Plünderung der letzten Energie- und Rohstoffreserven zu stoppen. Auch kognitive Störungen, die mit dem Sozialverhalten zusammenhängen, etwa Autismus, gelten als Krankheiten des »Spiegelsystems« – das behaupten jedenfalls manche Mediziner und befördern damit den Fluss von Forschungsgeldern.

Der erste Platz im Wettbewerb der vollmundigsten Sprüche gebührt allerdings Vilayanur Ramachandran. Der Neurologe vom Center for Brain and Cognition an der University of California in San Diego setzte dem Hype um die Spiegelneuronen die Krone auf, indem er sie kurzerhand zur physischen Basis religiösen Empfindens erklärte. Es handele sich dabei,

formulierte er, um »Dalai-Lama-Neuronen, welche die Grenze zwischen dir und deinem Gegenüber auflösen«.

Ramachandran verglich die Wunderzellen bereits mit der Erbsubstanz. »Ich prognostiziere, dass die Spiegelneuronen für die Psychologie das sein werden, was die DNA für die Biologie war«, posaunte der PR-begabte Neurologe. Nervenzellen als das vereinigende Prinzip, ihre Entdeckung als Weltformel der Hirnforschung? Das war den Fachkollegen zu viel.

### **Zwischen Fantasie und experimentellen Beweisen klafft ein gewaltiger Abgrund**

»Dafür bekommt er eins auf die Mütze, wann immer ich ihn treffe«, sagt David Pöppel. Der Neurowissenschaftler und Linguist an der New York University reibt sich nicht primär an der ausufernden Erfindungsgabe mancher Kollegen. Wissenschaftler müssen kreativ sein. Doch im Fall der Spiegelneuronen klafft ein wahrer Abgrund zwischen den öffentlichen Fantasien und dem, was experimentell wirklich belegbar ist. Und das liegt nicht nur daran, dass die Neuronen inzwischen für alles Mögliche gut sein sollen. »Von Haarausfall bis Impotenz – es ist abenteuerlich, was ihnen alles zugewiesen wird«, erklärt der in München aufgewachsene Pöppel seine Unruhe. »Gleichzeitig ist die Befundbasis äußerst schmal.«

Mehr oder weniger leise Vorbehalte gegen das Konzept der Spiegelneuronen gab es seit ihrer Entdeckung immer wieder. Doch neuerdings formiert sich vor allem in der Generation jüngerer Neurowissenschaftler eine breite Front an Kritikern. Sie haben sich nicht nur die Mühe gemacht, die Fachliteratur der vergangenen 20 Jahre auf ihre Stichhaltigkeit zu prüfen. Sie stützen sich zudem auf aktuelle Befunde, die das, was so blumig als »Spiegelneuronen« durch die Welt geistert und was den Nervenzellen allenthalben angeheftet wird, als reichlich überzogen erscheinen lassen. »Die Zellen sind da«, präzisiert David Pöppel, »aber wozu sie gut sind und was sie machen, das wissen wir überhaupt nicht.«

Wer das Rätsel erkunden will, muss bis zum Anfang der 1990er Jahre zurückgehen. Damals untersuchten zwei Arbeitsgruppen um den Biologen Giacomo Rizzolatti und den Mediziner Vittorio Gallese an der Universität Parma den prämotorischen Kortex des Südlichen Schweinsaffen, eines Makaken. Dabei konzentrierten sich die Wissenschaftler auf das sogenannte Areal F5 im Hirn, das für Bewegungsmuster der Hand zuständig ist. Mittels dünner Elektroden im Hirn der Affen konnten die Forscher zeigen: Immer wenn die Tiere mit der Hand eine Nuss ergriffen und zum Mund führten, wurden die in Areal F5 liegenden Neuronen aktiv. So weit entsprach das noch der Erwartung.

Spannend wurde die Sache, als Rizzolatti und Gallese feststellten, dass etwa 17 Prozent der dort gelegenen Nervenzellen auch dann feuerten, wenn die Affen nur dabei *zusah*en, wie ein menschlicher Experimentator eine Nuss ergriff. Der prämotorische Kortex war offenbar nicht einfach nur ein Schaltkreis, um eigene Bewegungsprogramme auszusprechen – er

reagierte auch auf visuellen Input, wenn *andere* die entsprechende Bewegung ausführten. Das war eine gewaltige Überraschung. Denn visuell aktive Zellen sollte es im motorischen Kortex eigentlich nicht geben. Wozu sollte das gut sein?

### **Die Idee war faszinierend: Beobachten hieß offenbar im Wortsinn Be-Greifen**

Rizzolatti und Gallese taufte die merkwürdigen Zellen Spiegelneuronen und postulierten, diese würden die zentrale Schaltstelle für das Verstehen von Handlungen darstellen. »Jedes Mal, wenn ein Individuum die Handlung eines anderen wahrnimmt, werden die Zellen im prämotorischen Kortex des Beobachters erregt, welche diese Handlung repräsentieren«, meinte Rizzolatti. Beobachten hieß also im wahrsten Sinne des Wortes Be-Greifen.

Auf diese Weise, so Rizzolattis Idee, wäre die Grenze zwischen Vorbild und eigenem Tun aufgehoben und gleichsam physisch die Brücke zum Verstehen geschlagen. »Dieses automatisch ausgelöste motorische Muster der beobachteten Handlung entspricht dem, was durch eine aktive Handlung erzeugt wird und dessen Ergebnis dem handelnden Individuum bekannt ist«, schrieb der italienische Forscher und triumphierte: »Das Spiegelsystem transformiert also visuelle Information in Erkenntnis.«

### **Um eine Handlung zu verstehen, reicht es nicht aus, sie zu beobachten**

In der Fachliteratur war bald immer häufiger von einem »Spiegelsystem« die Rede, als die fraglichen Zellen auch im menschlichen Gehirn gefunden wurden. Marco Iacoboni von der University of California in Los Angeles behauptete, mithilfe der funktionellen Magnetresonanztomografie bei Versuchspersonen die neuronale Spiegelaktivität nachweisen zu können; und das nicht nur in Hirnregionen, die mit der unmittelbaren Bewegungssteuerung zusammenhängen, sondern auch in Zentren für das Sprachverständnis. Dieses Ergebnis ließ die Spekulationen so richtig ins Kraut schießen: Sprache, Kultur, Globalisierung – alles schien nun an den Spiegelneuronen zu hängen.

Im Gegensatz zur öffentlichen Begeisterung, die solche Ergebnisse entfachten, sorgten sie indes unter Neurowissenschaftlern auch für einiges Unbehagen. Denn die Fachleute wissen: Kernspintomografen, wie Iacoboni sie benutzt, arbeiten zeitlich viel zu langsam und räumlich viel zu grobkörnig, um schnelle Wahrnehmungsprozesse zu erfassen.

Einen Dämpfer bekam die Spiegelneuronen-Theorie dann durch die Studien von Raffaella Rumiati vom neurowissenschaftlichen Forschungszentrum in Triest. Sie untersuchte Patienten, deren Gehirn – etwa aufgrund eines Schlaganfalls – geschädigt war. Dabei stellte sich heraus: Manche Patienten können zwar bestimmte Objekte nicht mehr benutzen, sehr wohl aber die damit verbundenen Handlungen erkennen. Bei anderen ist es genau umgekehrt: Sie sind unfähig, die Objekte wahrzunehmen, können aber die Akte noch ausführen. Rumiatis Folgerung: Das Verstehen der Handlungen und ihre Wahrnehmung

sind im Gehirn räumlich getrennt. Sie beruhen auf unterschiedlichen Prozessen – und sind nicht etwa in den sogenannten Spiegelneuronen vereint.

Als Nächstes präsentierte eine Gruppe um Angelika Lingnau und Alfonso Caramazza vom Center for Mind/Brain Sciences der Universität Trient eine Studie, die weiter massive Zweifel schürte. Darin untersuchten sie, wie das Gehirn auf die häufige Wiederholung ein und desselben Reizes reagiert. Normalerweise kommt es dabei zu einer Anpassung (Adaptation): Sieht eine Person mehrmals hintereinander die Farbe Rot, reagieren die Rot-Zellen im Gehirn allmählich immer schwächer.

Die These der Forscher war, dass auch im »Spiegelsystem« eine solche Adaptation zu beobachten sein sollte; egal ob eine bestimmte Handlung zunächst beobachtet und dann ausgeübt wird oder umgekehrt – in jedem Fall sollten die Spiegelzellen schwächer reagieren. Doch die Vorhersage traf nur teilweise ein: Die Zellen adaptierten zwar, wenn eine Person einen Akt erst beobachtete und dann ausführte; sie reagierten jedoch anders, wenn die Reihenfolge von Handlung und Beobachtung umgekehrt wurde.

Was ist der Grund für diese Asymmetrie? Nach Ansicht von Lingnau und Caramazza zeigt ihr Befund, dass die Aktivität der Spiegelzellen eben nicht automatisch zum »Verstehen« führt. Zumindest bei der Reihenfolge »zuerst handeln/dann sehen« könne von einer automatischen Reaktion der Spiegelneuronen keine Rede sein. Stattdessen komme es in diesem Fall zu einer Neubewertung der Situation, die nicht in den Zellen selbst, sondern in anderen Gehirnregionen erfolgt. »Spiegelneuronen stellen demnach nicht die biologische Basis des Verstehens dar«, stellt Lingnau klar. Dieser Satz ist ein Frontalangriff auf die zentrale Aussage der Spiegel-Theorie von Rizzolatti.

Vergegenwärtigt man sich die Komplexität eines Verstehensvorgangs, kann ein solcher Befund kaum überraschen. Nehmen wir zum Beispiel an, wir sehen, wie jemand mit der Hand eine volle Flasche ergreift und deren Öffnung dem Rand eines Glases nähert. Dieser einfache motorische Vorgang kann eine Fülle von Bedeutungen haben: Es kann ums Ausgießen gehen, ums Füllen, Anstoßen, Verschütten, Teilen oder im Extremfall ums Vergiften. Um die Handlung wirklich zu verstehen, reicht es nicht, sie nur zu beobachten oder selbst auszuführen. Wir müssen zum Beispiel auch wissen: Welche verbalen Äußerungen gab es? Was war vorher passiert? Waren Beobachter anwesend?

### **Haben die Zellen schlicht etwas mit der Fähigkeit zur Imitation zu tun?**

Das heißt: Visuelle und motorische Aspekte sind für das Verständnis einer Handlung zwar wichtig, aber nicht hinreichend. Wir müssen diese Aspekte auch in ein größeres Beziehungsgeflecht einbetten können. Wäre dies anders, könnte man prinzipiell aus zwei Gegenständen die Zukunft vorhersagen, wie sich der amerikanische Linguist Noam Chomsky einmal belustigte.

Für die sogenannten Spiegelneuronen bedeutet dies: Was reduktionistisch einzelnen Zellen zugewiesen wurde, scheint eine Leistung des gesamten Gehirns zu sein. Damit sind die vermeintlichen Spiegelneuronen als erklärendes Modell hinfällig; zumindest erscheint ihre Rolle deutlich kleiner, als bisher behauptet.

Bestätigt wird dies durch eine aktuelle Arbeit, die das ohnehin vage definierte »Spiegelsystem« sehr weiträumig im Gehirn verortet, zum Beispiel auch in der Gedächtnisporthe Hippocampus. »Damit sind wir bei dem alten Wie-arbeitet-das-Gehirn-Problem«, erklärte die Neurophilosophin Patricia Churchland dazu. Die komplexen und weiträumigen Verteilungsmuster der Signale erschweren den Forschern die Interpretation.

Also zurück zu den Experimenten mit Schweinsaffen!, fordert Greg Hickok von der University of California in Irvine, einer der Wortführer der Skeptiker. Weg von den überzogenen Interpretationen der Spiegelzellen als Schlüssel für Ich-Entgrenzung, Globalisierung, Empathie und Kulturfähigkeit. Schließlich haben die braven Äffchen von alldem höchstens einen blassen Schimmer; dennoch besitzen sie die angeblichen Wunderzellen. Was also erklärt deren Existenz tatsächlich?

Nach Hickoks Ansicht verlegte sich Rizzolatti seinerzeit voreilig auf die Erklärung des Verstehens. Er ließ dabei die naheliegende Möglichkeit außer Betracht, die Spiegelneuronen könnten lediglich etwas mit Imitation zu tun haben. Vermutlich war er der Meinung, Imitationen gehörten nicht zum Verhaltensrepertoire seiner Makaken. Tatsächlich aber imitieren diese einander durchaus, etwa bei Gesten der sozialen Kommunikation oder beim Gähnen. Umgekehrt, meint Hickok, verstünden die Affen die Bedeutung einer Handlung auch dann, wenn sie selbst dazu gar nicht in der Lage seien – etwa das Werfen von Gegenständen.

Die wachsenden Einwände lassen die blühenden Fantasien mancher Neurowissenschaftler genauso dürftig dastehen wie viele andere große Theorie-Entwürfe. Die Entdeckung der Spiegelneuronen ist zwar ein höchst interessanter Befund. Als Basis einer neuropsychologischen Weltformel taugt sie jedoch nicht. Greg Hickok vermutet inzwischen, dass die bimodalen Neuronen lediglich daran beteiligt sind, auf den Anblick eines Aktes hin eine Reaktion aus dem eigenen Verhaltensrepertoire auszuwählen. »Auf das Verstehen können wir als Erklärung komplett verzichten«, versichert er.

*Diesen Artikel finden Sie als Audiodatei im Premiumbereich unter [www.zeit.de/audio](http://www.zeit.de/audio)*

**COPYRIGHT:** ZEIT ONLINE

**ADRESSE:** <http://www.zeit.de/2010/51/N-Spiegelneuronen>