

# DER GEISTERSCHMERZ

Veränderungen der Großhirnrinde durch Verlust von Gliedmaßen können Phantomschmerzen hervorrufen. Die Transplantation eines neuen Körperteils kann jedoch den fatalen Umbau im Gehirn rückgängig machen.

VON HARTWIG HANSER

**W**enn in den Medien von Umstrukturierung und Reorganisation die Rede ist, betrifft das meist Industrieunternehmen oder andere Organisationen. Ähnliche Vorgänge spielen sich aber auch in unseren Köpfen ab. So finden in der Großhirnrinde (Cortex), dem Sitz unserer höheren geistigen Fähigkeiten, bei Bedarf immer wieder kleinere und größere strukturelle Veränderungen statt. Und diese sind – wie eine neue Untersuchung nun zeigt – keineswegs unwiderruflich, sondern können unter Umständen auch wieder rückgängig gemacht werden.

Corticale Reorganisationen lassen sich heute durch bildgebende Verfahren wie die funktionelle Kernspintomografie gut darstellen und untersuchen, ohne operativ eingreifen zu müssen. Dabei hat sich gezeigt, dass die Veränderungen meist die Struktur und Funktion abgegrenzter Bereiche der Großhirnrinde betreffen.

Bis vor einigen Jahren vermutete man, dass die Gehirnstruktur eines Menschen nur bis zum Eintritt ins Erwachsenenalter modifizierbar ist. Inzwischen hat sich aber gezeigt, dass noch bis ins hohe Alter hinein Reorganisationen im Cortex stattfinden können. Das gilt etwa für Musiker, die über viele Jahre hinweg intensiv ein Instrument spielen. Bei ihnen dehnen sich diejenigen Cortexareale, die für die Finger zuständig sind, im Vergleich zu anderen Regionen aus – sozusagen ein Bodybuilding der geistigen Art. Auch in der fürs Hören zuständigen Abteilung des Gehirns konnten Veränderungen nachgewiesen werden, wenn Ver-

suchspersonen beispielsweise die Wahrnehmung einzelner Tonfrequenzen trainierten. Sogar die vollständige Umprogrammierung ganzer Areale der Großhirnrinde ist möglich. So verwenden Blindgeborene Cortexregionen zum Hören und Tasten, die normalerweise zum Sehen dienen, aber mangels visueller Reize nicht beschäftigt sind.

## DURCHDRINGENDES KLINGELN UND PFEIFEN IM OHR

Corticale Reorganisationen müssen aber nicht immer sinnvolle Anpassungen an veränderte Bedingungen sein, mit denen das Gehirn seine Leistungsfähigkeit steigert. Manchmal haben sie auch ausgesprochen negative Folgen. So hängen verschiedene Krankheitserscheinungen mit fehlgeleiteten Umstrukturierungsmaßnahmen zusammen. Ein Beispiel ist der so genannte Tinnitus, der sich durch unangenehme subjektive Ohrgeräusche wie Klingeln oder Pfeifen äußert. Bei Patienten mit langjährigem Tinnitus wurde festgestellt, dass sich derjenige Teil der Höririnde, der die als Ohrgeräusch wahrgenommenen Tonfrequenzen verarbeitet, überproportional vergrößert hat.

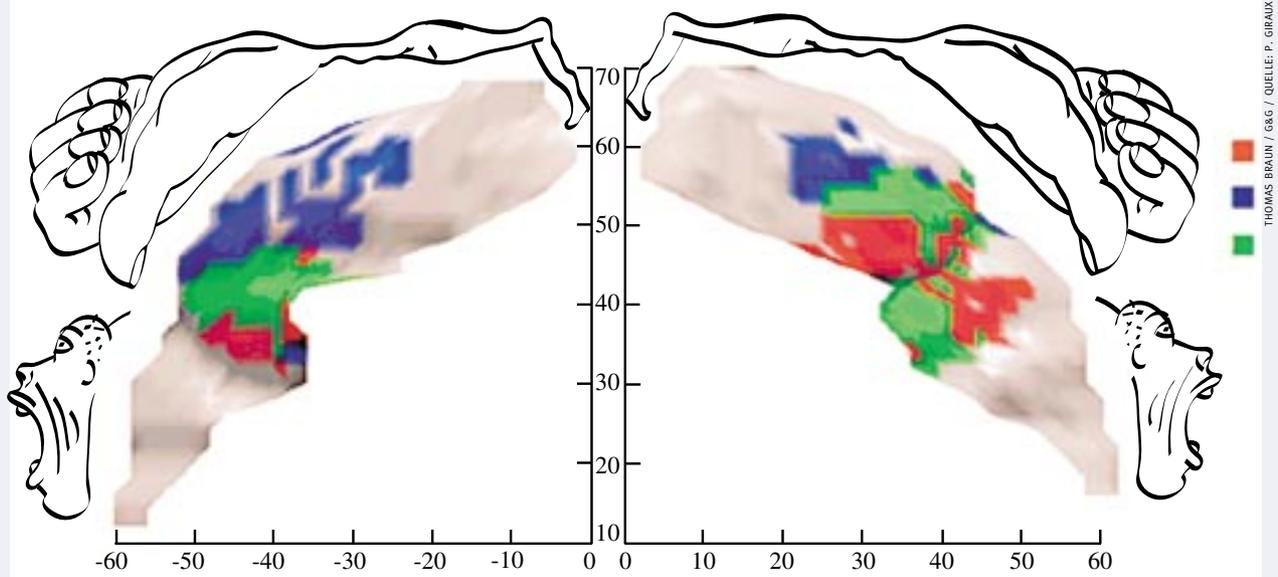
Besonders dramatisch treten krankheitsverursachende Reorganisationen bei so genannten Phantomschmerzen zu Tage, die nach dem Verlust von Gliedmaßen in dem nicht mehr vorhandenen Körperteil auftreten. Die Umbauten betreffen zwei Arten von Arealen: motorische und somatosensorische. Die ersten steuern die Bewegungen der verschiedenen Körperteile, während die zweiten Empfindungen verarbeiten, die von dort herkommen. Eine besondere Eigenschaft

dieser abgezielten Bereiche ist, dass ihre relative Anordnung die der zugehörigen Körperteile widerspiegelt. So liegt das Gehirngbiet, das für die rechte Hand zuständig ist, neben dem für den rechten Unterarm, aber weiter entfernt von den Arealen für die linke Hand oder die Beine.

Wie Untersuchungen an Amputierten ergaben, sind die Phantomschmerzen umso schlimmer, je stärker die Großhirnrinde nach dem Eingriff umgebaut wird. Das hat leicht nachvollziehbare Gründe: Die Cortexregion, die vor der Amputation für die betreffende Extremität zuständig war, ist danach arbeitslos. Sie übernimmt daher zunehmend Aufgaben der angrenzenden Bereiche der Großhirnrinde, die meist für die an die Amputationsstelle angrenzenden Körperteile zuständig sind. Dadurch verschieben sich allmählich diese benachbarten Gehirnareale – bei Patienten mit starken Phantomschmerzen um bis zu mehrere Zentimeter. Dies erklärt, warum ein Patient etwa bei Berührung des Amputationsstumpfes am Arm Schmerzempfindungen in der abgetrennten Hand wahrnehmen kann.

Reorganisationen sowie Phantomschmerzen lassen sich jedoch deutlich verringern, wenn der Patient gleich nach der Amputation regelmäßig eine so genannte myoelektrische Prothese benutzt. Dabei handelt es sich quasi um eine Arbeitsbeschaffungsmaßnahme für das betroffene Cortexareal. Von ihm ausgehende elektrische Signale werden von den Muskeln über Motoren in Bewegungen der Prothese umgesetzt. Bei corticalem Reorganisationen mit unliebsamen

## HIRNUMBAU IM RÜCKWÄRTSGANG



THOMAS BRAUN / G&G / QUELLE: P. GIRAUX

**VIER JAHRE NACH DEM UNFALLBEDINGTEN VERLUST** der beiden Hände hatte sich diejenige Region der motorischen Hirnrinde des Patienten, die bei einer vorgestellten Fingerbewegung aktiv ist, deutlich verlagert (rot) – und zwar in Richtung desjenigen Bereichs der Rinde, der für das Gesicht zuständig ist. Sechs Monate, nachdem Ärzte dem Patienten erfolgreich neue Hände transplantiert hatten, konnten sie eine Rückver-

lagerung in Richtung des ursprünglichen Aktivierungsbereichs feststellen (blau). Der Überlappungsbereich beider Aktivierungszonen ist grün dargestellt.

Die Hirnrindenaktivitäten wurden mit Hilfe der funktionellen Kernspintomografie ermittelt. Über der Hirnrindendarstellung sind die jeweils repräsentierten Körperteile – ein so genannter Homunculus – angedeutet.

Folgen erhebt sich natürlich die Frage, ob es vielleicht gelingt, sie künstlich rückgängig zu machen. Eine eindeutige Antwort darauf stand bisher aus.

Allerdings gab es gewisse Hinweise, die dafür sprachen. So kann der konsequente Einsatz myoelektrischer Prothesen bereits vorhandene Phantomschmerzen manchmal wieder verringern oder sogar zum Verschwinden bringen. Doch nun ließ sich erstmals direkt verfolgen, wie Reorganisationen im Rückwärtsgang ablaufen.

Versuchsperson war ein 37-jähriger französischer Maler, der bei einem Unfall beide Hände verloren hatte. Vier Jahre danach transplantierten ihm Chirurgen neue Hände, mit denen er inzwischen zum Beispiel wieder telefonieren oder Zähne putzen kann. Jeweils einige Monate vor und nach der Transplantation untersuchten Pascal Giraux, Angela Sirigu, Fabien Schneider und Jean-Michel Dubernard vom Institut für Kognitionswissenschaften in Bron (Frankreich) den Patienten mittels funktioneller Kernspintomografie auf Veränderungen in seinen motorischen und somatosensorischen Cortexarealen. Dazu betrachteten sie die

elektrische Gehirnaktivität bei der Beugung und Streckung von Fingern und Ellbogen. Die Fingerbewegungen vor der Transplantation fanden natürlich nur in der Vorstellung des Patienten statt.

Wie erwartet hatte der Verlust der Hände zu einer corticalen Reorganisation geführt. Daher fanden bei den gedachten Fingerbewegungen die elektrischen Nervenzellaktivitäten nunmehr am äußeren Rand desjenigen motorischen Areals statt, das ursprünglich für die Hand zuständig war. Ihr Schwerpunkt befand sich jetzt sehr nahe am Gesichtsareal.

Doch das änderte sich nach der Handtransplantation. Wie die Wissenschaftler feststellten, verlagerte sich die Nervenzellaktivität tatsächlich wieder langsam in Richtung des eigentlichen Handgebiets. Diese Wanderung zurück zum Ursprungsort war bereits zwei Monate nach der Operation nachweisbar und später noch wesentlich ausgeprägter. Eine ähnliche Reorganisation fand bei den Ellbogenbewegungen sowie in den jeweiligen somatosensorischen Gehirngebieten statt. Damit wurde erstmals der klare direkte Nachweis erbracht, dass

corticale Umstrukturierungen keine Einbahnstraßen sein müssen.

Ein besonders interessanter Aspekt dieser Untersuchung ist, dass sich das Gehirn offenbar die Situation vor der Amputation gemerkt hat. Im Prinzip hätte nach der Handtransplantation ja auch eine weitere Reorganisation in eine andere Richtung erfolgen können. Woher weiß das Gehirn, welches die Areale sind, die ursprünglich für die Hände vorgesehen waren? Anscheinend ist tief in der Gehirnstruktur ein allgemeines Körperschema verankert, an dem sich Umbauten im Gehirn orientieren. In welcher materiellen Form es vorliegt und auf welche Weise wiederherstellende Reorganisationen wie die hier beschriebene sich daran orientieren, bleibt jedoch weiter zu erforschen. ♦

**HARTWIG HANSER** ist promovierter Biochemiker und Redakteur bei *Gehirn & Geist*.

### Literaturtipp

**Giraux, P. et al.:** Cortical Reorganization in motor cortex after graft of both hands. In: *Nature Neuroscience* 4, 2001, S. 691.