

Neuronale Plastizität

DAS FORMBARE GEHIRN

Unser Gehirn ist nicht starr verdrahtet wie ein Computer. Es wird ständig umgebaut und an neue Erfordernisse angepasst – sei es als Reaktion auf Umweltbedingungen, weil wir etwas Neues gelernt haben, oder wenn sich das Gehirn von einer Schädigung erholen muss¹. Diese so genannte neuronale Plastizität begleitet uns ein Leben lang.

Der Großteil des derzeitigen Wissens über die faszinierende Formbarkeit des Gehirns stammt aus Tierversuchen. In den letzten Jahrzehnten entwickelten Forscher jedoch verschiedene bildgebende Verfahren, mit denen sie unserem Denkkorgan »bei der Arbeit zusehen« können, ohne dafür den Schädel öffnen zu müssen. Damit lässt sich jetzt auch das menschliche Gehirn direkt unter die Lupe nehmen.

So ist laut Studien bei Londoner Taxifahrern das für die räumliche Orientierung zuständige Hirnareal vergrößert². Und wenn man Jonglieren lernt, verändern die für Bewegungen zuständigen Hirnareale ihre Gestalt. Es finden sich sogar zunehmend Hinweise darauf, dass selbst im Gehirn von Erwachsenen noch neue Nervenzellen entstehen – was lange als ausgeschlossen galt³.

Mit welchen Methoden untersuchen Forscher heute das menschliche Gehirn? Mit der Magnetresonanztomographie (MRT) lässt sich u. a. der strukturelle Aufbau des Gehirns erkunden (Bild 1). Forscher bestimmen damit die lokale Dichte der Nervenzellen in verschiedenen Hirnarealen⁴, registrieren Umfang und Gestalt der Faser-Verbindungen zwischen einzelnen Hirnregionen⁵ und erfassen Gewebeschäden auf Grund von Verletzungen oder Erkrankungen. Eine Variante der MRT, die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), erfasst hingegen die Funktion des Gehirns: Diese Methode registriert Schwan-

kungen in der Durchflussmenge oder im Sauerstoffgehalt des Bluts in den Hirngefäßen (Bild 2). Damit lässt sich etwa messen, wie sich die Hirnaktivität infolge einer Verletzung oder eines Lernvorgangs verändert⁶.

In den letzten Jahren untersuchen Forscher zunehmend auch verschiedene Moleküle im Gehirn, die neuronale Plastizität beeinflussen, beispielsweise die Andockstellen (Rezeptoren) oder Transporter für Botenstoffe. Die so genannte Positronenemissionstomographie (PET) nutzt dazu radioaktiv markierte Substanzen, die sich an solche körpereigenen Moleküle anheften können. Auf diese Weise beobachten Wissenschaftler, wie diese Moleküle im Gehirn entstehen und zu ihren Wirkungsorten gelangen. Eine neuere – optische – Methode verwendet statt radioaktiver Marker fluoreszierende Farbstoffe, um damit ein farbkodiertes Bild des menschlichen Gehirns zu erzeugen⁷.

ÜBERAUS FORMBAR UND ANPASSUNGSFÄHIG

Mit Hilfe dieser Techniken konnten Forscher in den letzten Jahren zweifelsfrei nachweisen, dass die Strukturen unseres Gehirns keinesfalls starr und unveränderlich sind, sondern im Gegenteil höchst formbar und anpassungsfähig. Doch welche Vorgänge dieser Plastizität zu Grunde liegen und wie genau sich das menschliche Denkkorgan auf Grund von Erfahrungen im Lauf der Zeit verändert, verstehen sie noch nicht. Um hier Fortschritte zu erzielen, gilt es, die bisherigen Methoden weiterzuentwickeln.

Vor welchen Herausforderungen stehen Plastizitätsforscher? Derzeit fällt es noch schwer, die Beobachtungen von Bildge-



bungsstudien richtig mit den damit zusammenhängenden Vorgängen im Gehirn zu verbinden. So misst die fMRT wie beschrieben Änderungen im Blutfluss und im Sauerstoffgehalt des Bluts. Diese Werte hängen vermutlich eng mit der Aktivität der Nervenzellen zusammen – aber wie, ist noch unklar⁸. Zudem benötigt die fMRT mehrere Sekun-

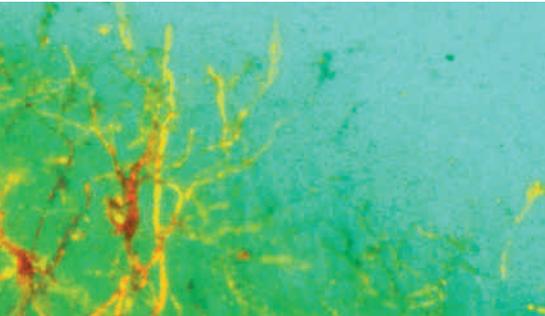
den, um eine »Momentaufnahme« zu erstellen. Das ist bei Weitem nicht schnell genug, um die nur Millisekunden dauernde Aktivität einzelner Neurone zu erfassen. Hier können Wissenschaftler Verbesserung erzielen, indem sie die fMRT mit anderen Methoden kombinieren, die eine bessere zeitliche Auflösung haben – beispielsweise die ultraschnelle Elektroenzephalographie (EEG). Auf diese Weise ließen sich in Menschen feuernde Neuronengruppen lokalisieren⁹.

Ein weiteres Problem: Keine Hirnregion arbeitet isoliert für sich allein. Zwar erfüllen viele einzelne Areale jeweils spezialisierte Aufgaben – doch für kognitive Funktionen wie etwa das bewusste Wahrnehmen einer anderen Person schließen sie sich zu komplizierten Netzwerken zusammen. Es reicht also nicht, einer Region eine bestimmte Rolle zuzuordnen, man muss sie auch im Rahmen des gesamten Netzwerks betrachten. Mehrere neue bildgebende Techniken machen dies möglich, zum Beispiel das Diffusion Tensor Imaging (DTI), eine weitere Variante der MRT. Sie erfasst Verbindungsstrukturen im Gehirn, etwa Bündel von Nervenfasern. Mit einer neuen Form der fMRT lässt sich wiederum ermitteln, welche Hirnareale gerade miteinander kommunizieren.

Forscher interessieren sich zunehmend für die Moleküle, die an der neuronalen Plastizität beteiligt sind. Um diesen auf die

Forscher des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften untersuchen mit funktioneller und struktureller Kernspintomographie, wie motorisches Lernen zu einer Umorganisation sowohl von grauer wie auch weißer Substanz führt.

Dabei konnte gezeigt werden, dass verschiedene Hirnareale sich nacheinander verändern und dass insbesondere präfrontale (im vorderen Stirnhirn gelegene) Hirngebiete sich bei dauerhaftem Lernen anpassen (Taubert et al., *J Neurosci* 2010, im Druck).



- Das menschliche Gehirn verändert sich ein Leben lang. Wissenschaftler bezeichnen das als neuronale Plastizität.
- Mit Hilfe verschiedener Methoden studieren Forscher die Formbarkeit des Gehirns. Sie erfassen dabei Veränderungen in der Struktur und Funktion unseres Denkkorgans ebenso wie die Effekte von Genen und Botenstoffen.
- Fortschritte auf diesem Gebiet helfen uns besser zu verstehen, wie Lernen funktioniert und was hirnerkrankten Patienten Heilung verspricht.

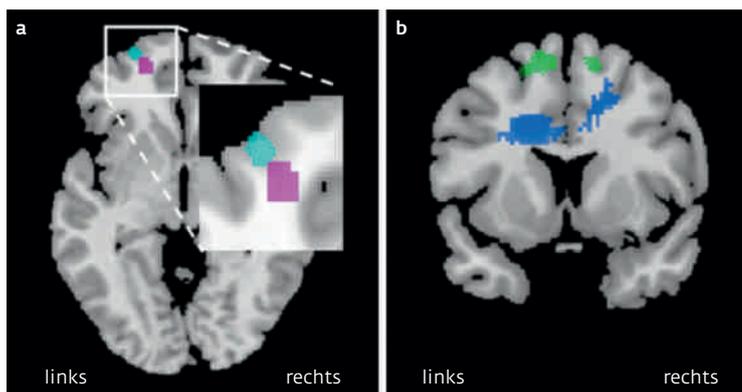
Spur zu kommen, analysieren sie zum einen das Hirngewebe von Versuchstieren. Für Experimente an Menschen bedarf es hingegen nichtinvasiver Methoden. Mit einer Kombination von PET und MRT lassen sich beispielsweise die molekularen Vorgänge und die Durchblutung im Gehirn gleichzeitig erfassen¹⁰.

Zudem ist es heute technisch möglich – und auch zunehmend bezahlbar –, das komplette Erbgut von Organismen zu entschlüsseln. Kombiniert mit bildgebenden Verfahren und kognitiven oder Verhaltenstests erlaubt dies, zu erkunden, wie genetische Unterschiede das Gehirn formen und inwieweit neuronale Plastizität im Erbgut festgelegt ist. Nicht zuletzt rücken auch theoretische Herangehensweisen ins Blickfeld. Bislang beschränkten sich Forscher im Wesentlichen darauf, Daten zu sammeln und mit ihrer Hilfe Hypothesen zu überprüfen. Zukünftig wird es jedoch wichtiger werden, diese experimentellen Resultate in ein umfassendes Konzept einzubetten, etwa mittels Computermodellen der Aktivität und Plastizität des Gehirns.

Die Formbarkeit unseres Gehirns zu erforschen ist für sich allein höchst faszinierend. Darüber hinaus dürften sich daraus auch eine Reihe praktischer Anwendungen ergeben, etwa auf dem Gebiet des Lehrens und Lernens. Noch wichtiger erscheint der mögliche medizinische Nutzen: Neue Medikamente und Behandlungsansätze könnten die Anpassungsfähigkeit des Gehirns verbessern und so verloren gegangene Hirnfunktionen wiederherstellen.

Sind einmal die genetischen Grundlagen der neuronalen Plastizität bekannt, können Ärzte maßgeschneiderte, an das individuelle Erbgut eines Menschen angepasste Behandlungen entwickeln. Ein besseres Verständnis der elektrischen Rhythmen im Gehirn dürfte es erlauben, mit Hilfe elektrischer und magnetischer Stimulationen die Aktivitätsmuster in verschiedenen Hirnregionen gezielt zu manipulieren. Dies würde beispielsweise die Lernfähigkeit erhöhen, aber auch Hirnschäden besser heilen lassen.

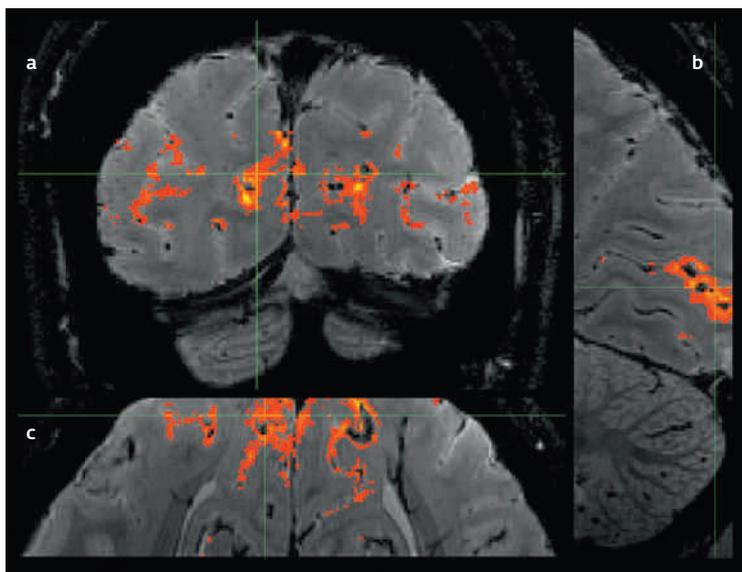
Bild 1 | MRT-Aufnahmen des Gehirns



Trainingsinduzierte Strukturveränderungen (a: Aufsicht, b: Frontalansicht). Im Zuge einer Balancieraufgabe steigen die motorischen Fähigkeiten – und es kommt in der grauen (türkis, grün) und weißen (rosa, blau) Hirnsubstanz im präfrontalen Kortex und in weiteren motorischen Arealen zu strukturellen Veränderungen. Interessanterweise sind einige davon nur von vorübergehender Natur, während andere zu einer dauerhaften Verbesserung der Fähigkeiten führen¹¹.

links | In Kombination mit der Elektroenzephalographie (EEG) kann die Auflösung der fMRI erhöht werden.

Bild 2 | Beispiele von fMRT-Aufnahmen



Beispiele von fMRT-Scans in frontaler (a), sagittaler (b) und transversaler (c) Ebene (Feldstärke: 7 Tesla). Sie zeigen in einer Auflösung von 0,65 x 0,65 x 0,65 Millimetern die Sauerstoffgehalte des Hämoglobins.

Bild 2: mit fMRI, Gen, von Robin Heidemann und Robert Turner, Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften