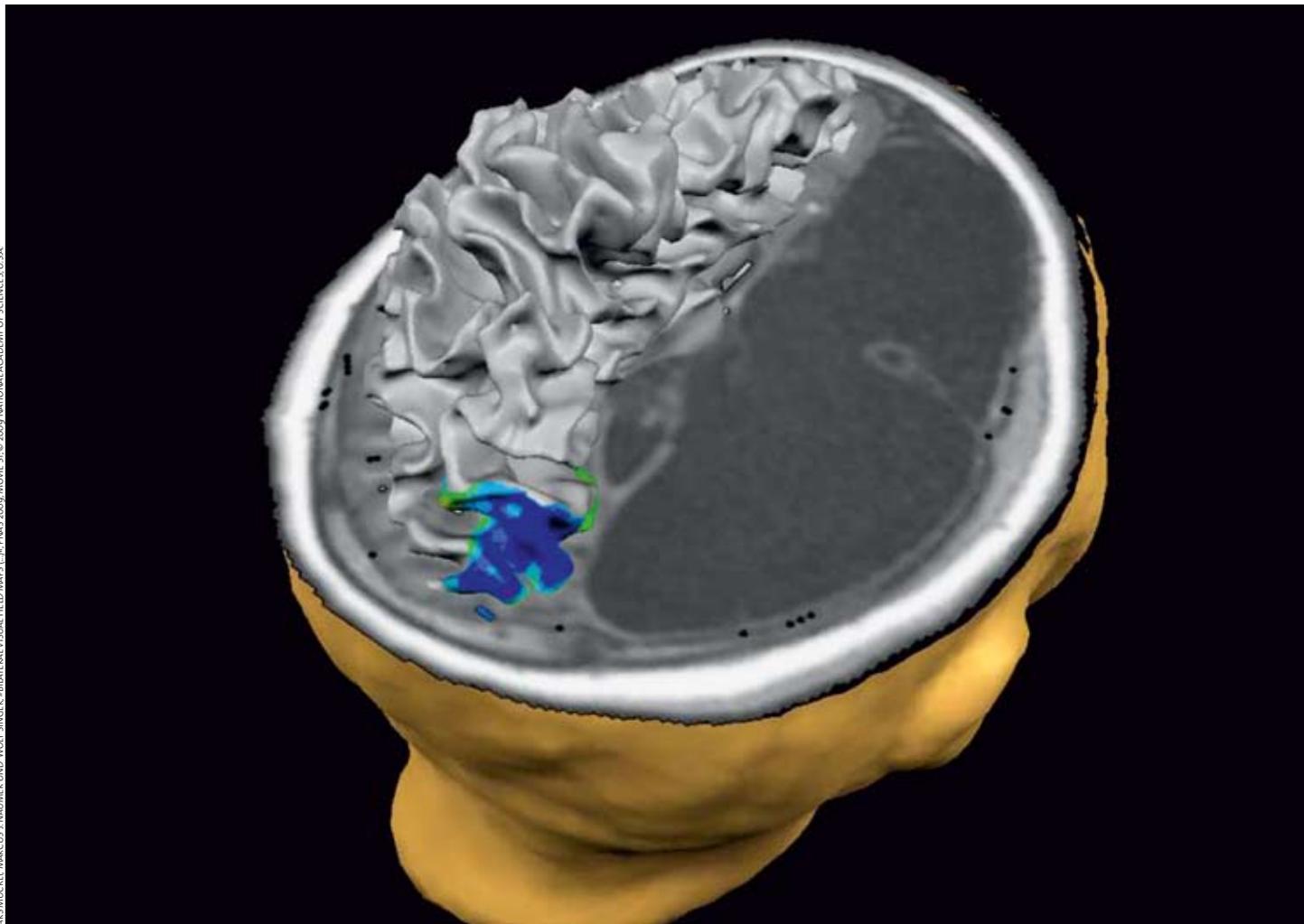


Das Mädchen mit dem **halben Gehirn**

Wie lebt es sich mit nur einer Hirnhälfte? Gar nicht schlecht, sofern der Defekt früh genug in der Entwicklung auftrat. Das zeigt der spektakuläre Fall eines Kindes, das trotz Fehlens einer kompletten Hemisphäre weit gehend normal wahrnimmt, denkt und sich bewegt. Nicht einmal das Gesichtsfeld des Kindes hat nennenswerte Lücken. Neurowissenschaftler fanden jetzt heraus, warum.

VON STEPHAN SCHLEIM



LARS MÜCKEL, MARCUS J. NAUMER UND WOLF SINGER: «BILATERAL VISUAL FIELD MAPS (...)» PNAS 2009, MOVIE S1; © 2009 NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, U.S.A.

Damit hatten die Ärzte nicht gerechnet: Auf den Aufnahmen des Kernspintomografen konnten sie bei dem kleinen Mädchen statt der üblichen zwei Großhirnhälften nur eine entdecken. An Stelle der rechten Hemisphäre war lediglich ein mit Gehirnflüssigkeit gefüllter Hohlraum zu sehen (siehe Bild). Auch große Teile des rechten Zwischenhirns fehlen. Nur das Kleinhirn und das Stammhirn sind vollständig auf beiden Seiten vorhanden. Dennoch führt das Mädchen ein weit gehend normales Leben.

Auf den ersten Blick weist nichts darauf hin, dass sie nur ein halbes Gehirn besitzt.

Für Wahrnehmungsforscher besonders erstaunlich ist die Tatsache, dass das Mädchen auch normal sieht. Wie kann das sein – wo doch die linke und rechte Hälfte des Gesichtsfelds in der jeweils gegenüberliegenden Hirnhälfte verarbeitet werden?

Die Entfernung einer Großhirnhemisphäre führt daher normalerweise zum Ausfall des gegenüberliegenden Teils des Gesichtsfelds. Ein solcher drastischer neurochirurgischer Eingriff ist beispielsweise bei schwersten Epilepsien nötig, wenn sich die Anfälle anders nicht mehr beherrschen lassen. Ohne linke Hirnhälfte beispielsweise können die Betroffenen nicht mehr erkennen, was in ihrem rechten Gesichtsfeld vor sich geht, obwohl ihre Augen intakt sind.

Kreisende Schachbrettmuster im Kernspintomografen

Um herauszufinden, warum dies bei dem Mädchen anders ist, kartierten die Frankfurter Hirnforscher Lars Muckli, Marcus Naumer und Wolf Singer zunächst per wahrnehmungspsychologischen Tests, wie viel Sehfähigkeit es genau besitzt. Zwar erwies sich dabei das linke Gesichtsfeld im Vergleich zum rechten als minimal eingeschränkt, dennoch kann das Mädchen hier wie dort erstaunlich gut sehen.

Dann untersuchten die Forscher mittels funktioneller Kernspintomografie, wie das Gehirn der Patientin das beidseitige Sehen gelernt haben könnte. Hierfür griffen sie auf bewährte Sehreize zurück, mit denen sich die Arbeit des visuellen Systems im Gehirn sichtbar machen lässt: Ausschnitte aus einem Schachbrettmuster, die man systematisch auf einem grauen Bildschirm kreisen lässt, womit man das gesamte Gesichtsfeld erfasst (siehe Bild S. 68).

Der Kontrast des Schwarz-Weiß-Übergangs erzeugt erfahrungsgemäß starke neuronale Aktivität in den visuellen Arealen. Anhand der damit verbundenen Änderung des Sauerstoffgehalts im Blut konnten die Forscher bestimmen, welche Hirnregion Informationen aus einem

AUF EINEN BLICK

Komplett kompensiert

1 Beim Sehen wird normalerweise das rechte Gesichtsfeld in der linken Hirnhälfte verarbeitet, das linke in der rechten. Fehlt eine Hemisphäre, ist der Betroffene im gegenüberliegenden Teil des Gesichtsfelds blind.

2 Anders liegt der Fall bei einem Mädchen, das nur mit der linken Gehirnhälfte geboren wurde: Sie sieht einwandfrei – auch auf der linken Seite.

3 Forscher führen dies auf die außerordentliche Flexibilität des Gehirns zurück, welches das Fehlen der Hemisphäre kompensieren konnte.

VOLLE KRAFT MIT HALBEM HIRN

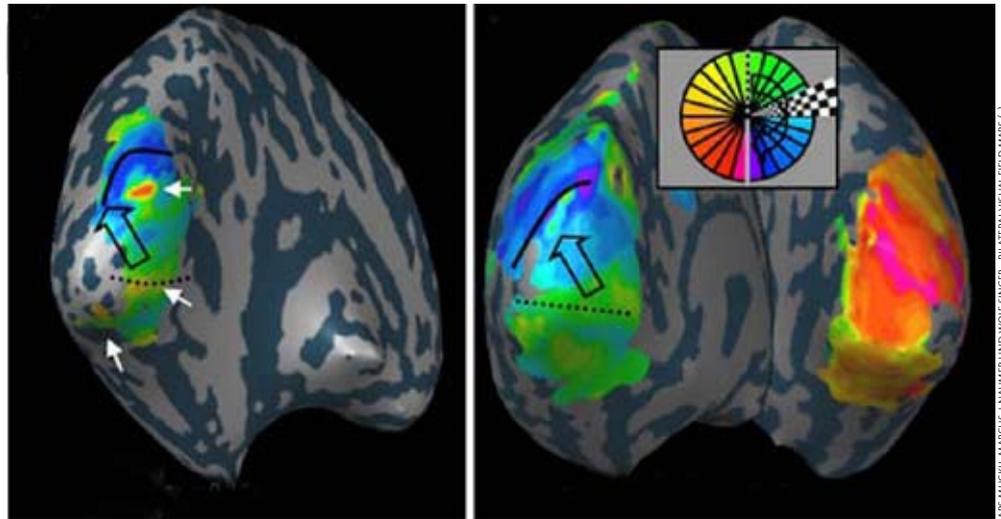
Dreidimensionale Rekonstruktion des Großhirns der Patientin anhand magnetresonanztomografischer Aufnahmen. Farblich hervorgehoben ist die primäre Sehrinde im Hinterhauptslappen der linken Hemisphäre. Die rechte Großhirnhälfte fehlt vollständig. Der entsprechende Hohlraum ist mit Hirnrückenmarks-Flüssigkeit gefüllt.

GELUNGENE ÜBERNAHME

Das linke Bild zeigt eine dreidimensional rekonstruierte und danach wie einen Luftballon aufgeblasene Darstellung der linken Hirnhälfte des Mädchens, das rechte das Gehirn einer normalen Vergleichsperson. Beiden wurde ein Schachbrettmuster in verschiedenen Bereichen des Gesichtsfelds präsentiert (siehe kleiner Kreis rechts). Blaue und grüne Farbtöne kennzeichnen die Regionen in der linken Hemisphäre, die vor allem dann auf das Muster reagierten, wenn es im rechten Gesichtsfeld auftauchte. Gelb und Rot markieren jene Orte, an denen die stärksten Reaktionen auf das Muster im linken Gesichtsfeld auftraten. Bei der Patientin liegen diese ebenfalls in der linken Hirnhälfte (siehe weiße Pfeile), bei der Kontrollperson wie zu erwarten in der rechten.

Verdrängtes Hirn

Der hier beschriebene Fall erinnert an den eines 44-jährigen Franzosen: Wo sich bei anderen Menschen die graue und weiße Nervensubstanz befindet, ist sein Schädel weitgehend von Hirnrückenmarks-Flüssigkeit ausgefüllt (siehe G&G 6/2008, S. 72). Der zweifache Familienvater hat mit einem IQ von 75 zwar nur unterdurchschnittliche Intelligenz, übt aber ganz normal einen Beruf aus.



bestimmten Teil des Gesichtsfelds verarbeitet. Dabei kommt ihnen die so genannte retinotop Repräsentation des Gesehenen im Gehirn entgegen: Benachbarte Punkte auf der Netzhaut des Auges entsprechen benachbarten Orten in der Sehrinde.

Auch bei dem Mädchen war der visuelle Kortex retinotop organisiert. Im Gegensatz zu Menschen mit vollständigem Gehirn hat hier jedoch die linke Hemisphäre die Repräsentation des gesamten Gesichtsfelds übernommen, nicht nur jene der rechten Hälfte. »Dass beim Menschen eine Hirnhälfte das gesamte Gesichtsfeld abbildet, wurde bislang noch nie beschrieben«, erklärt Singer.

Der Befund macht deutlich, wie ungeheuer plastisch das menschliche Gehirn ist. Seit Längerem ist bekannt, dass beispielsweise Schlaganfallpatienten, die frühzeitig und kompetent behandelt werden, beeinträchtigte Funktionen wieder erwerben können. Verantwortlich dafür sind Umbauprozesse im Gehirn, wodurch gesunde Hirnregionen die Aufgaben der zerstörten Areale übernehmen. Dass jedoch die Aufgaben einer ganzen Hemisphäre ohne größere Probleme auf die andere übertragen werden können, war bisher unbekannt.

Ein Grund für die erfolgreiche Reorganisation ist wohl, dass die Hirnschädigung in diesem Fall sehr früh in der Embryonalentwicklung auftrat – schon in der vierten bis fünften Schwangerschaftswoche, wie die Forscher anhand der noch vorhandenen Strukturen des Zwischenhirns schätzen.

»Je früher eine Beeinträchtigung auftritt, desto besser kann das Gehirn darauf reagieren, desto plastischer ist es also«, so Naumer. Wie entwickelt sich das visuelle System unter sol-

chen Bedingungen? Normalerweise überkreuzen sich die Nervenbahnen der zur Nase zu liegenden Sehzellen, so dass die Informationen der einen Hälfte des Gesichtsfelds schließlich in der gegenüberliegenden Hemisphäre verarbeitet werden. Nun fehlt bei dem Mädchen aber die rechte Hirnhälfte komplett. Woher »wussten« die Sehnervfasern des linken Auges, die während der Embryonalentwicklung normalerweise in die rechte Hemisphäre hineinwachsen, dass sie einen neuen Weg einschlagen müssen?

Lockruf der Botenstoffe

Vermutlich liefern spezielle, von den jeweiligen Hirnhälften ausgesandte Botenstoffe die Erklärung. Im Normalfall sorgen sie dafür, dass sich die Sehnerven im Chiasma opticum kreuzen. Da das biochemische Signal aus der rechten Hirnhälfte ausblieb, folgten im Fall des Mädchens die Fasern seines linken Auges nun wohl jenen Botenstoffen, die normalerweise die Nervenfasern des rechten Auges in die linke Hirnhälfte locken. »Das ist biologisch möglich, weil diese Fasern dieselbe chemische Markierung tragen und deshalb nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip auch an die Stelle passen, für die sie im Normalfall gar nicht vorgesehen sind«, so Muckli.

Das Problem: Die visuellen Signale der sich normalerweise überkreuzenden Nervenbahnen erreichen den Thalamus, die erste Zwischenstation auf dem Weg in die Sehrinde, nun spiegelverkehrt! Mittels Kernspintomograf lässt sich diese abweichende Organisation bis zur primären Sehrinde (V1) verfolgen. Auf den höheren Verarbeitungsebenen verschwindet sie dann: In den visuellen Arealen V2 und V3, die

komplexere Eigenschaften wie Orientierung, Muster und Bewegung von Bildern analysieren, fügen sich diese gespiegelten Signale wieder korrekt in die retinotop Karte des Gesichtsfelds ein. Vermutlich nimmt das Mädchen deshalb auch die linke Hälfte ihres Gesichtsfelds normal wahr – und nicht etwa spiegelverkehrt.

Für Lars Muckli zeigt sich an dieser Patientin ein allgemeines Organisations- und Funktionsprinzip des Gehirns: »Zuerst bildet ein relativ starrer Mechanismus anhand biochemischer Markierungen die Grundstruktur der neuronalen Verschaltungen.« So entstehen wichtige Nervenbahnen und erste Verknüpfungen.

»Hinzu kommt ein zweites Prinzip, das unter Berücksichtigung der Funktion – hier des Sehens – die Organisation der Nervenzellen feiner aufeinander abstimmt.« Die Arbeitsweise des Gehirns würde auf diese Weise permanent mit den Aufgaben verglichen, die es in der Realität zu bewältigen gelte, und entsprechend angepasst. Daher könnten auch solche Hirnbereiche Aufgaben übernehmen, für die sie gar nicht vorgesehen sind, sofern das zuvor entstandene Grundgerüst dies prinzipiell erlaubt.

Dem Zusammenwirken der beiden Organisationsprinzipien dürfte es auch das Mädchen verdanken, dass es mit nur einer Gehirnhälfte Fähigkeiten erworben hat, für die sonst beide notwendig sind. Das Gehirn von Jugendlichen und Erwachsenen ist schon nicht mehr derart flexibel. Hier sind die Nervenbahnen des visuellen Systems bereits fest verdrahtet, weshalb Patienten nach der Entfernung einer Hemisphäre an einer Hemianopsie leiden, einem Ausfall einer Gesichtsfeldhälfte.

Laut Lars Muckli widersprechen die neuen Ergebnisse zudem auch den vereinfachenden Annahmen über die Lateralisierung des Gehirns in vielen populären Darstellungen. Das gelte etwa für die strenge Zuordnung von logischem und ganzheitlich-emotionalem Denken zu jeweils einer Hirnhälfte. »Da heißt es oft, die rechte Hemisphäre sei für Liebe zuständig, die linke für die Rationalität«, erläutert er. »Dieser Fall zeigt aber, dass eine Hemisphäre die Aufgaben der anderen sogar komplett übernehmen kann.« ∞

Stephan Schleim ist Kognitionswissenschaftler und freier Wissenschaftsjournalist.

QUELLE

Muckli, L. et al.: Bilateral Visual Field Maps in a Patient With Only One Hemisphere. In: Proceedings of the National Academy of Sciences online 2009, DOI: 10.1073/pnas.0809688106.

IHRE VORTEILE ALS ABONNENT VON **GEHIRN&GEIST**

Als Abonnent erhalten Sie **Gehirn&Geist** zum Vorzugspreis von nur € 68,- (ermäßigt auf Nachweis € 55,-) inkl. Versandkosten Inland.

Unter www.gehirn-und-geist.de/plus finden Sie noch weitere Vorteile:

- Zugriff auf alle **Gehirn&Geist**-Monatsartikel seit der Erstausgabe
- Ihren persönlichen Mitgliedsausweis zum Herunterladen mit zahlreichen Vergünstigungen bei vielen wissenschaftlichen Einrichtungen, Museen und Filmtheatern
- einen monatlichen Bonusartikel und den Zugriff auf das Archiv mit allen bisher erschienenen Bonusartikeln
- kostenlose Downloads verschiedener Hefte der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
- das **spektrumdirekt**-Premiumabo zum Vorteilspreis
- ein vergünstigtes Produkt des Monats