

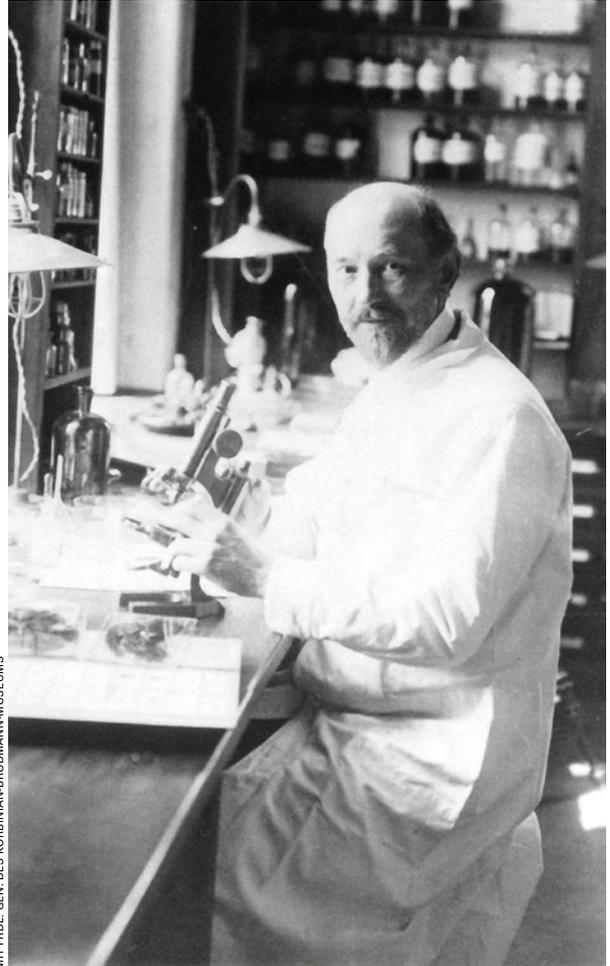
**PORTRÄT** Vor 100 Jahren starb der Neuroanatom und Psychiater Korbinian Brodmann. In mühevoller Kleinarbeit schuf er den bis heute berühmtesten Atlas des Gehirns.

# Entdeckungsreise durch das Gehirn

VON CHRISTIAN WOLF



MIT FRDL. GEN. DES KORBINIAN-BRODMANN-MUSEUMS



MIT FRDL. GEN. DES KORBINIAN-BRODMANN-MUSEUMS

**Korbinian Brodmann kartierte die Großhirnrinde diverser Säugetiere. Dazu betrachtete er die zellarchitektonischen Merkmale in feinen Hirnschnitten unter dem Mikroskop.**



#### UNSER AUTOR

Christian Wolf ist promovierter Philosoph und Wissenschaftsjournalist in Berlin.

**D**enken wir an berühmte Entdecker und Kartografen, erscheinen oft Bilder vor unserem geistigen Auge, wie diese mit Schiffen die entlegensten Winkel der Erde bereisen. Christoph Kolumbus zum Beispiel oder Alexander von Humboldt, der mit seinem Segelboot Südamerika erkundete. Ganz anders war es bei Korbinian Brodmann. Für seine Entdeckungsreisen musste er nicht einmal das Labor verlassen. Auf Fotos sieht man den Neurologen und Neuroanatom über sein Mikroskop gebeugt und akribisch die Terra incognita studierend, die seine ganze Leidenschaft war: das Gehirn.

Korbinian Brodmann erblickte am 17. November 1868 in Liggersdorf am Bodensee als Sohn eines Bauern das Licht der Welt. Nach dem Abitur studierte er Medizin in München, Würzburg, Berlin und Freiburg, wo er sein Studium abschloss. Derart nomadenhaft sollte auch sein späteres Leben bleiben, geprägt durch eine Reihe kürzerer Anstellungen, die immer wieder durch unvorhersehbare Umstände beendet wurden.

Nach dem Studium widmete er sich zunächst der ärztlichen Weiterbildung und zog nach München, um in einer Kinderambulanz zu arbeiten. Doch dann erkrankte er an Diphtherie und reiste auf Genesung hoffend ins Fichtelgebirge. Hier machte er die sein weiteres Leben prägende Bekanntschaft mit dem Neurologen Oskar Vogt (1870–1959), der in ihm das Interesse an psychiatrischen und neurologischen Themen weckte. Vogt erkannte dessen vielseitige wissenschaftliche Interessen, seinen tiefen Drang nach Erkenntnis und seine selbstlose Hingabe an die dazu erforderliche Arbeit, wie er später in seiner Biografie über Brodmann schrieb.

Als Brodmann wieder gesund war, begann er in Berlin und Leipzig Psychiatrie und Hirnanatomie zu studieren. Unter den fast zehn verschiedenen Anstellungen, die ihn in den nächsten knapp 20 Jahren durch

Kliniken, Sanatorien und Labore in ganz Deutschland führen sollten, sticht vor allem ein Aufenthalt in Frankfurt hervor: Ab 1900 arbeitete er eineinhalb Jahre in der Städtischen Anstalt für Irre und Epileptische, im Volksmund Irrenschloss genannt. Hier kam er in Kontakt mit Alois Alzheimer (1864–1915), der sich intensiv mit Hirnerkrankungen beschäftigte und damals gerade seine berühmten Notizen über die demente Patientin Auguste Deter anfertigte. Brodmann lernte in Frankfurt auch die so genannte Nissl-Färbung kennen, die Franz Nissl (1860–1919) gemeinsam mit Alois Alzheimer entwickelt hatte, um Nervenzellen von Demenz- und Sklerosepatienten im Lichtmikroskop sichtbar zu machen.

Sein neu gewonnenes Wissen konnte Brodmann ab 1901 im Neuro-Biologischen Institut in Berlin unter Beweis stellen, das der umtriebige Oskar Vogt erst einige Jahre zuvor gegründet hatte. Und Vogt konnte gleich mit einem Mammutauftrag aufwarten, der Brodmann letztlich berühmt machen sollte: die Kartierung der Großhirnrinde. Mit großer Begeisterung und unermüdlichem Eifer stürzte sich Brodmann in die Arbeit, die ihn fast zehn Jahre lang beschäftigte.

Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts hatten die Phrenologen Franz Joseph Gall und Johann Spurzheim versucht, psychische Eigenschaften im Gehirn zu verorten. Der wirkliche Durchbruch kam aber erst mit den Erkenntnissen von Carl Wernicke und Paul Broca, die in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erstmals belegten, dass die Schädigung bestimmter Hirnareale einen Ausfall kognitiver Funktionen wie Sprachproduktion und Sprachverständnis nach sich ziehen kann.

Neuere Verfahren wie die elektrische Reizung des Gehirns ermöglichten es dann, noch weitere neuronale Eigenschaften wie die Bewegungssteuerung auf Hirnkarten einzuzeichnen. Der Fortschritt brachte aber auch Kontroversen. Die so genannten Holisten betrachteten das Gehirn als eine Einheit. Ist ein Areal geschädigt, wirke sich das auf ganz unterschiedliche Hirnfunktionen aus, so die Annahme. Die Lokalisationsforscher dagegen postulierten einen engen Zusammenhang zwischen Hirnregionen und Funktionen. Heute wissen wir, dass beide Ansätze ein Körnchen Wahrheit enthalten: Unser Denkorgan gliedert sich in einzelne Abschnitte, die gewisse Aufgaben übernehmen, doch arbeiten sie häufig auch zusammen.

## Auf einen Blick: Eroberer am Mikroskop

**1** Korbinian Brodmann studierte viele Jahre seines Lebens die Anatomie des Gehirns, indem er sich Hirnschnitte unter dem Mikroskop ansah.

**2** So erstellte er anatomische Karten der Großhirnrinde verschiedenster Spezies – von Wickelbären über Löwen bis hin zu Seehunden.

**3** Berühmt wurde er durch einen Atlas des menschlichen Gehirns. Darin unterteilt er den Kortex in 43 Areale, die sich in ihrer Zellstruktur unterscheiden.

Wer das Gehirn kartieren möchte, muss sich zuerst überlegen, nach welchen Kriterien er die Hirnareale voneinander unterscheidet. Geht es allein um die Funktion, verläuft die Grenze zwischen zwei Regionen genau dort, wo ein Ausfall der Nervenzellen unterschiedliche Folgen beispielsweise für Wahrnehmung und Verhalten hat. Das war mit den damaligen Mitteln jedoch nur schwer zu untersuchen. Korbinian Brodmann entschied sich daher für die Zellarchitektur: die Maße der Neurone, ihre Anordnung im Gewebe und ihre Form.

Dabei ging er sehr sorgfältig vor. Er löste die Gehirne aus den Schädeln und schnitt sie in hauchdünne Scheiben. Daraufhin fixierte er sie chemisch, um sie haltbar zu machen, und färbte sie. Dann legte er die Präparate unter das Mikroskop, fotografierte und beschrieb sie. Allein schon das Schneiden war eine nervenaufreibende Arbeit. Die Schnitte durften nicht dicker als zehn Mikrometer sein, weil bei den schwachen Lichtverhältnissen im Mikroskop sonst kaum etwas zu sehen gewesen wäre. Und weil Brodmann einen fast schon zwanghaften Drang nach Einheitlichkeit hatte, musste es immer die gleiche Dicke sein. Auch die anderen Schritte seines Protokolls waren vollkommen standardisiert.

### Streifzug durch die Tierwelt

Der Neuroanatom verglich seine Befunde von der menschlichen Großhirnrinde mit denen vom Kortex diverser anderer Spezies. Wer seine Aufzeichnungen liest, bekommt den Eindruck, ein umfangreiches Tierlexikon vor sich zu haben: Die Gehirne von Katzen, Hunden, Affen, Löwen, Seehunden, Braunbären, Kaninchen und vielen anderen Vertretern der Fauna sind akribisch dokumentiert.

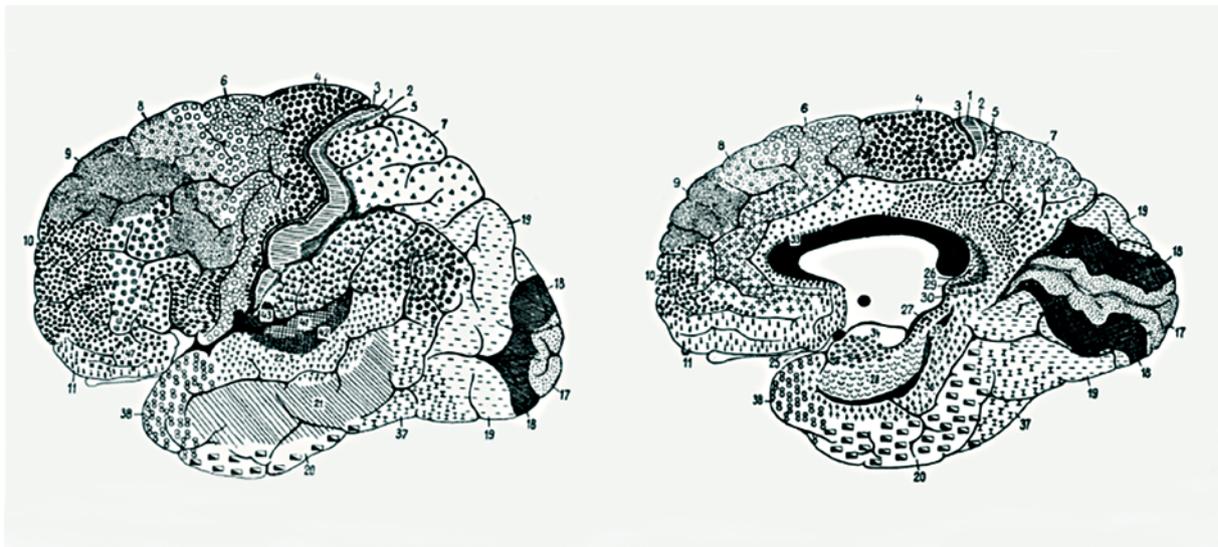
»Das war eine Mammutaufgabe«, bestätigt Katrin Amunts vom Forschungszentrum Jülich, die sich selbst mit der Kartierung des Kortex beschäftigt. »Denn die Gehirne der von ihm untersuchten Arten unterscheiden sich deutlich, etwa in Bezug darauf, wie dick die Hirnrinde ist, wie dicht die Neurone gepackt sind und wie stark das Gehirn gyrfiziert, also gefaltet ist.«

Brodmann versuchte, Homologien, das heißt Entsprechungen zwischen menschlichen und tierischen Gehirnen zu finden. Solche vergleichenden Untersuchungen führten letztlich dazu, dass man in der Hirnanatomie begann, stammesgeschichtlich alte Hirnregionen wie den Paläokortex von neueren wie dem Neokortex abzugrenzen. Außerdem wollte er die Funktionen einzelner Hirnareale bestimmen, etwa Wahrnehmung oder Motorik. Er sah sich zu diesem Zweck die Aufzeichnungen anderer Forscher an, die untersucht hatten, welche Hirnschädigung mit welchen Funktionsausfällen einhergingen. Auch die ersten Versuche mit elektrischer Reizung einzelner Hirnregionen lieferten für ihn brauchbare Ergebnisse.

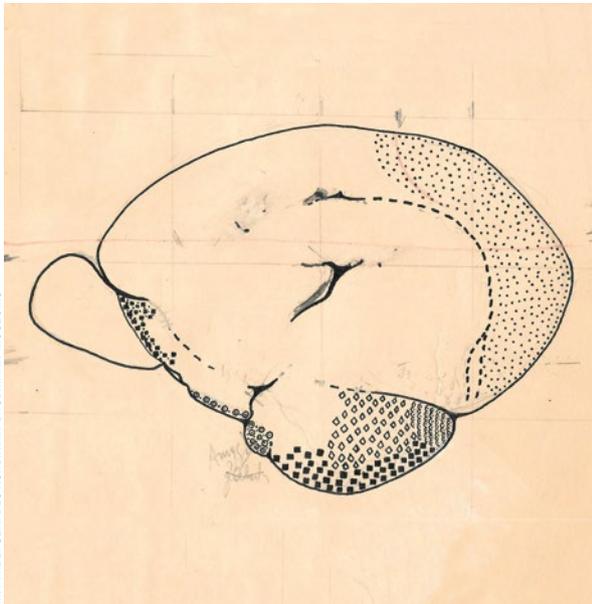
1909 war es dann so weit: Nach einigen Zwischenberichten erschien Brodmanns großes Werk mit dem Titel »Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues«. Darin postuliert er, dass die Hirnrinde aus sechs Schichten besteht – womit er letztlich Recht behalten sollte. Er unterteilte den Kortex in 43 Bereiche, die berühmten Brodmann-Areale, die er mit Nummern von 1 bis 52 versah, wobei er neun Zahlen ausließ.

Die meisten der beschriebenen Areale fand der Neuroanatom sowohl in menschlichen als auch in tierischen Gehirnen. Einige wenige dagegen waren Brodmann zu-

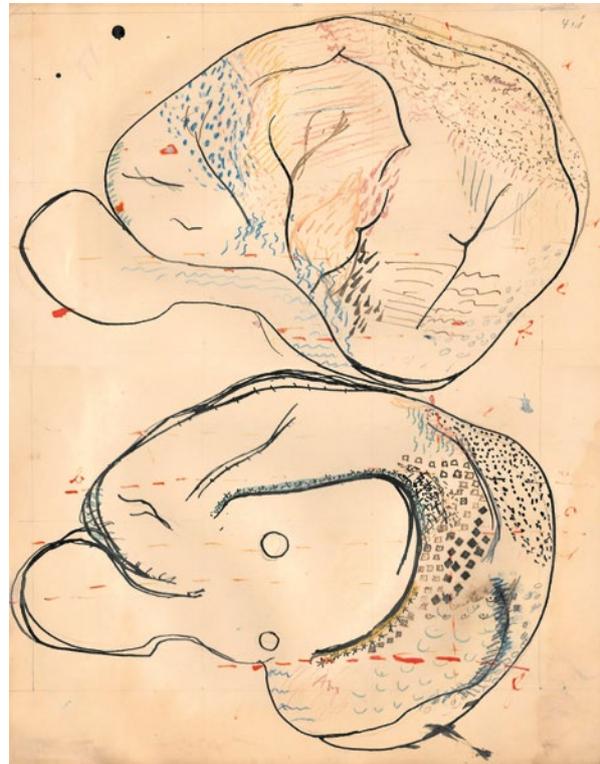
**Brodmanns bedeutendste Arbeit war eine anatomische Karte der menschlichen Großhirnrinde, die unter Hirnforschern noch immer gebräuchlich ist. Darin unterteilte er den Kortex in 43 Areale.**



MIT FROL. GEN. DES KORBINIAN-BRODMANN-MUSEUMS



Der Neuroanatom kartierte auch das Gehirn exotischer Säugetiere wie das des Wickelbären (links) und des Kängurus (rechts). Bei letzterem markierte er den primären motorischen Kortex in Blau.



folge nur bei bestimmten Säugetieren voll entwickelt, im menschlichen Kortex aber nicht eindeutig auszumachen. Diese erhielten die fehlenden neun Nummern.

Deutlich schwieriger war es freilich, den Hirnregionen jeweils eigene Funktionen zuzuordnen. Dies gelang ihm bei nur sehr wenigen, etwa dem Broca-Zentrum, das dem Brodmann-Areal 44 entspricht. Ist es geschädigt, können die Betroffenen nicht mehr richtig sprechen. Auch die damals bereits bekannte Wernicke-Region, die für das Sprachverständnis wichtig ist, fiel anatomisch mit einem seiner Areale zusammen, und zwar mit Nummer 22.

### Bei Forschern beliebt, aber fehlerhaft

Im Lauf der folgenden Jahrzehnte fertigten Neurowissenschaftler immer wieder neue Hirnkarten an. Doch kein auf der Zellarchitektur basierender Atlas machte so Furore wie der von Brodmann. Offenbar erledigte niemand diese anspruchsvolle Arbeit so akribisch und akkurat wie er.

»Das ist auch ein Grund, warum Forscher die Karte heute immer noch verwenden«, sagt Katrin Amunts. Seit einigen Jahren gibt es eine digitale, dreidimensionale Version davon. Der Vorteil aus Sicht vieler Wissenschaftler ist ihre (vermeintlich) einfache Handhabung. Man blendet die in einer Hirnscanstudie ermittelten Regionen mit erhöhter neuronaler Aktivität über der Karte ein und sieht so, um welche Brodmann-Areale es sich handelt.

»Für große Bereiche des Gehirns ist die Karte allerdings nicht zu gebrauchen«, schränkt Amunts ein. Das betrifft etwa die Sehrinde, für die Brodmann nur drei Areale bestimmt hatte – den primären visuellen Kortex, der Sehsignale vom Auge im Hinblick auf einfache Objekteigenschaften verarbeitet, und zwei höhere Regionen, die weitere Informationen aus dem Gesehenen extrahieren. »Wir wissen jedoch schon seit Jahrzehnten, dass an der visuellen Wahrnehmung deutlich mehr Areale beteiligt sind«, so Amunts. Ähnliches gelte für viele andere Hirnregionen.

Ein weiterer Nachteil von Brodmanns Karte: Sie beruht auf dem Gehirn eines einzelnen Individuums. Doch die Gehirne von Menschen unterscheiden sich mitunter beträchtlich. So beherbergen zwar alle ein Brodmann-Areal 4 – das primär-motorische Areal –, aber dessen Ausdehnung und genaue Lage kann stark variieren.

»Bei der Karte handelt es sich zudem nur um eine vereinfachte schematische Ansicht einer einzelnen Hemisphäre«, sagt Amunts. »Es wird lediglich die Oberfläche des Gehirns gezeigt, und Brodmanns Schriften liefern kaum Informationen darüber, was sich in den Tiefen der Furchen verbirgt.« Um noch einmal den Vergleich mit den Seefahrern zu bemühen: Brodmann hatte nur die Küsten der Kontinente gezeichnet, nicht aber das Landesinnere.

Deshalb wollen Katrin Amunts und ihre Kollegen eine ganz neue Hirnkarte anfertigen. Das ist eine Herkulesaufgabe, denn für jedes Areal analysieren die Neu-

rowissenschaftler zehn individuelle Gehirne, die sie in hauchdünne Schnitte zerlegen. Mit Hilfe statistischer Verfahren bestimmen sie für jedes Gehirn die Grenzen zwischen zwei Regionen anhand von strukturellen, zellarchitektonischen, genetischen und molekularen Eigenschaften. Anschließend überlagert ein Computerprogramm die einzelnen Karten und berechnet, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Punkt auf der Karte einem bestimmten Areal angehört.

### Mehr Objektivität bitte!

Der Vorteil des neuen Atlas: Er ist universell anwendbar. Amunts' Kollege Karl Zilles schrieb 2003 im Fachblatt »Nature«: »Brodmanns Urteil über das, was ein Kortexareal ist, war – notwendigerweise – subjektiv: Er konnte lediglich in ein Mikroskop starren und berichten, was er sah.« Brodmann, der zeit seines Lebens nach Objektivität strebte, wäre angesichts dieses Kommentars sicherlich nicht erfreut gewesen.

Obwohl sich seine 1909 erschienene Hirnkarte in der Fachwelt großer Beliebtheit erfreute, war Brodmanns Leben weiterhin von Unsicherheit geprägt. Auf seine Karriere fielen dunkle Schatten, als seine Habilitationsschrift mit dem Titel »Die cytoarchitektonische Kortexgliederung der Halbaffen« überraschend von der Berliner Fakultät abgelehnt wurde. Gezwungenermaßen nahm er sein Nomadenleben wieder auf. Er stellte sich an der Universität Tübingen vor, wo ihn die Medizinische Fakultät mit offenen Armen empfing. 1910 begann er am dortigen Universitätsklinikum zu arbeiten und wurde 1913 zum außerordentlichen Professor ernannt.

In dieser Zeit beschäftigte er sich viel mit anthropologischen Fragen. Er untersuchte etwa die Hirngröße und -architektur verschiedener »Menschenrassen« und verglich sie mit denen tierischer Gehirne. Dabei kam er zu Ergebnissen, die aus heutiger Sicht mehr als fragwürdig erscheinen. Das Gehirn der Javaner etwa sollte in einigen Details eher dem Gehirn von Menschenaffen gleichen als dem »europäischen« Denkorgan.

Als der Erste Weltkrieg begann, musste Brodmann erneut seine Arbeit unterbrechen. Er zog als freiwilliger ordinierender Arzt in die Nervenabteilung des Tübinger



MEHR WISSEN AUF  
»SPEKTRUM.DE«

Mehr über Techniken der Mikroskopie lesen Sie in unserem digitalen **Spektrum Kompakt »Mikroskopie – Scharfer Blick aufs Detail«**:

[www.spektrum.de/shop](http://www.spektrum.de/shop)

Reservelazarets. 1916 wechselte er schließlich nach Halle, wo er an der Landesheilanstalt Nietleben auf die eigens für ihn geschaffene Stelle als Prosektor berufen wurde. Erstmals in seinem Leben hatte er eine gewisse finanzielle Sicherheit erlangt. In Halle lernte er auch Margarete Franke kennen, die er am 3. April 1917 heiratete. Bald darauf gab es wieder Anlass zur Freude, denn 1918 kam seine Tochter Ilse zur Welt.

Die nächste Station seines beruflichen Lebenswegs sollte zugleich die letzte sein. Er wechselte an die Ludwig-Maximilians-Universität München, wo er als Leiter der topographisch-histologischen Abteilung der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie arbeitete. Doch das berufliche wie private Glück währte nur kurz. Am 17. August 1918 schien es noch, als habe sich Brodmann eine einfache Grippe eingefangen. Einige Tage später zeigten sich aber Anzeichen einer Sepsis. Offenbar war eine alte Infektion, die er sich während einer Autopsie zugezogen hatte, wieder aufgeflackert. Da Brodmann bis dahin nur selten krank gewesen war und die kleinere Unpässlichkeit eher als Gelegenheit sah, einen Berg von Arbeit abzutragen, nahm er die Symptome nicht sonderlich ernst. Ein fataler Fehler: Am 22. August 1918 soll er noch mit dem Finger Schriftzeichen auf sein Bett gezeichnet haben, bevor er sterbend in seine Kissen sank.

Die große Reise ins Gehirn, die Brodmann als Entdecker angetreten hat, geht bis heute weiter. Und die weißen Flecken auf der Landkarte, die notwendigerweise leer bleiben mussten, werden nun nach und nach von Forschern wie Katrin Amunts gefüllt – nicht zuletzt dank seiner Pionierarbeit. ★

### LITERATURTIPP

Draaisma, D.: Geist auf Abwegen. Parkinson, Asperger und Co. Von den Wegbereitern der Gehirnforschung und ihren Patienten. Piper, München 2010  
*Spannender Überblick über die Namensgeber bekannter neurologischer Erkrankungen*

### QUELLEN

Loukas, M. et al.: Korbinian Brodmann (1868–1918) and his Contributions to Mapping the Cerebral Cortex.  
*In: Neurosurgery 68, S. 6–11, 2011*

Zilles, K., Amunts, K.: Centenary of Brodmann's Map – Conception and Fate.  
*In: Nature Reviews Neuroscience 11, S. 139–145, 2010*

Dieser Artikel im Internet: [www.spektrum.de/artikel/1576126](http://www.spektrum.de/artikel/1576126)