

Manfred Spitzer ■ Wulf Bertram

Hirnforschung für Neu(ro)gierige

Braintertainment 2.0



Mit einem Epilog von Eckart von Hirschhausen

Wissen & Leben
Schattauer

Mit Beiträgen von

Josef B. Aldenhoff, Andreas Bartels, Wulf
Bertram,
Rafaela von Bredow, Giovanni Buccino,
Anna Buchheim, Vince Ebert, Susanne Erk,
Vittorio Gallese, Axel Karenberg,
Giovanni Maio, Michael Pauen, Joram Ronel,
Johann Caspar Rüegg, Daniel Schäfer,
Günter Schiepek, Stephan Schleim, Manfred
Spitzer,
Dieter Vaitl, Henrik Walter, Michael H. Wiegand

Hirnforschung für Neu(ro)gierige

Braintertainment 2.0

Herausgegeben von
Manfred Spitzer und Wulf Bertram

Mit einem Epilog von
Eckart von Hirschhausen

 Schattauer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Besonderer Hinweis:

In diesem Buch sind eingetragene Warenzeichen (geschützte Warennamen) nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen eines entsprechenden Hinweises nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk mit allen seinen Teilen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert werden.

© 2010, 2013 by Schattauer GmbH, Hölderlinstraße 3, 70174 Stuttgart, Germany

E-Mail: info@schattauer.de

Internet: www.schattauer.de

Printed in Germany

Gekürzte und bearbeitete Taschenbuchausgabe

Lektorat: Volker Drüke, Münster; Dr. med. Annette Gesien, Stuttgart

Umschlagabbildung: Reinhold Henkel, Heidelberg

Umschlaggestaltung: Medienfabrik, Stuttgart

Satz: Satzpunkt Ursula Ewert GmbH, Bayreuth

Druck und Einband: CPI - Ebner & Spiegel, Ulm

ISBN 978-3-7945-2930-8

Vorwort zur Taschenbuchausgabe

Vom Anfang mit Neugier ... zum Meta-Spaß!

Selbsterfahrungsgruppen haben so ihre eigenen Rituale. Eines davon ist mitunter die Aufforderung an die Gruppenmitglieder, ihre drei besten Eigenschaften zu benennen. In bereits fortgeschrittenem Alter ließ sich einst auch der Nestor der deutschen Psychosomatik, der Internist und Naturphilosoph Thure von Uexküll, auf die Teilnahme an einer solchen Runde ein. Diejenigen, die vor ihm an der Reihe waren, hatten vorteilhafte Attribute wie „Ausdauer, Zuverlässigkeit, Sorgfalt“, „Humor, Optimismus, Zuversichtlichkeit“, „Geduld, Gelassenheit, Toleranz“ oder Ähnliches genannt. Als die Reihe an ihm war, zögerte Uexküll nicht lange mit seiner Antwort. Sie lautete: „Erstens Neugier, zweitens Neugier, drittens Neugier.“ Die moderne Forschung bestätigt, dass Neugier tatsächlich ein Charakterzug (trait) ist, also eine Eigenschaft, die Menschen mehr oder weniger stark aufweisen, die eine biologische Grundlage hat und letztlich genetisch verankert ist.

Thure von Uexküll wurde in bester geistiger Verfassung 96 Jahre alt, forschte, lehrte und publizierte nach der Emeritierung von seinem Lehrstuhl in Ulm noch über 30 weitere Jahre lang und blieb dabei für neue Denkanstöße und selbst für quer gedachte Ideen seiner Mitstreiter, Schülerinnen und Schüler stets aufgeschlossen. Neugierig eben.

Neugier ist allerdings nicht immer und automatisch mit Freude und langem Leben verknüpft. Nach der

griechischen Mythologie machte Pandora, die erste auf Geheiß von Zeus aus Lehm geschaffene Frau, aus Neugier ein Fass auf. Dummerweise bewahrte Zeus die Plagen der Menschheit darin, und so brachte Pandoras Neugier vielerlei Übel in die Welt. Odysseus wird für seine Unruhe und Neugier von den Göttern hart bestraft und Adam und Eva werden nach der biblischen Überlieferung aus dem Paradies vertrieben. Der Psychiater Heinrich Hoffmann hat in seinem Struwelpeter dem Paulinchen, das aus purer Neugier einen Stubenbrand entfacht und darin umkommt, ein abschreckendes Denkmal gesetzt. Und so mancher Polar-, Dschungel- oder Höhlenforscher bezahlte für seine Neugier mit dem Leben. Nicht anders geht es dem heutigen Sensation-Seeker, der im Eis-Wasserfall klettert, am Lenkdrachen hängt oder auf dem 200-PS-Motorrad sitzt und Grenzbereiche neugierig auslotet. Und weil es immer einen noch schwierigeren Eisbruch, eine noch höhere Flugbahn und ein noch schnelleres Motorrad (bzw. eine noch engere Kurve) gibt, wird die potenziell tödliche Neugier nie gesättigt.

Wenn Sie, liebe Leserin und lieber Leser, nun aber zu den Menschen mit einer Extra-Dosis des Neugier-Gens gehören und sich dieses Buch in Uexkülls Geisteshaltung vorgeknöpft haben, befinden Sie sich also nicht nur in bester Gesellschaft. Sie haben es darüber hinaus verstanden, aus Ihrem Neugier-Gen das Beste zu machen und vor allem, ihm den lebensverkürzenden Aspekt zu rauben. Und wenn für Sie nach der Lektüre mehr Fragen offen geblieben sind, als Sie vorher hatten, hätten Sie unser Buch mit Gewinn gelesen. Denn mit dem Gehirn ist es wie mit dem Motorrad: Sie können in ihm noch so lange mittels Elektroenzephalographie (EEG) oder funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) herumkurven, viel Neues entdecken und noch mehr publizieren, es gibt immer neue Weggabelungen und weitere Kurven: Und je mehr Straßen Sie befahren haben, desto mehr haben Sie

zwangsläufig auch links oder rechts liegengelassen, es bleibt also manches im Dunkeln. Einige Wissenschaftler meinen, dass das in Hinblick auf unsere Kenntnisse vom Gehirn wohl auch so bleiben werde: Wenn dieses Organ so raffiniert und sublim sei, dass es sich gar selbst erforschen kann, Sorge diese immense Komplexität dafür, dass ihm das nie vollkommen gelingen wird. Aber was heißt schon vollkommen? Wenn Achtklässler im Biologieunterricht ein Kuhauge untersuchen, tun sie das mit Lupe, Messer, Mikroskop und vor allem - mit ihren Augen. Augen untersuchen also Augen! Wenn es gut geht, erkennen sie dabei den Zusammenhang von Biologie und Physik: Sie lernen etwas über Lichtbrechung an optisch unterschiedlich dichten Medien im Auge und über die Umwandlung von Licht in Information im Auge. Ist das alles zirkulär oder gar paradox und damit unmöglich? - Durchaus nicht! Warum sollte das beim Gehirn anders sein? In beiden Fällen trifft eines jedoch auf alle Fälle zu: die Triebfeder, es wissen zu wollen, heißt Neugier, Neugier, und nochmal Neugier!

Was ist Neugier? Der Philosoph könnte, mit Heidegger beispielsweise, sagen, dass die Antwort auf diese Frage nicht zuletzt darin liegt, die Frage besser zu verstehen. Denn die Frage nach der Neugier ist ja selbst eine neugierige Frage. Mit der Neugier ist es also wie mit dem Denken: Wenn man darüber nachdenkt, hat man schon damit angefangen. Denken und Neugier sind auf einen Inhalt gerichtet, haben also intentionale Struktur, sind nicht statisch, sondern in Bewegung - auf etwas hin, das man noch nicht kennt. Dieses Auf-etwas-gerichtet-Sein, das zugleich wesensmäßig noch nicht gekannt ist - ja, das gehört zur Neugier. Und die Freude daran, die uns treibt, das Erkenntnisinteresse, gehört zu ihr.

Und genau dieses Erkenntnisinteresse kann mich dazu treiben, die Neugier ihrerseits zu untersuchen. Mit Messer und Mikroskop kommt man da nicht sehr weit. Aber mit

EEG oder fMRT kommt man schon deutlich weiter. Diese Methoden untersuchen lebendige Prozesse bei lebendigen Systemen. Wie aber untersucht man Neugier? – „Ist doch klar: Man legt eine Versuchsperson in den Scanner und sagt: Nun sei doch mal neugierig!“ und dann macht man ein Bild vom Gehirn und – voilà – schon hat man ein buntes Bildchen der Neugier im Gehirn.

Gemach! Dass es so *nicht* geht, zeigt nicht zuletzt ein Beitrag dieses Buches sehr deutlich (Kapitel 11 von Henrik Walter und Susanne Erk). Wie geht es aber dann? Wie die philosophische Analyse zeigte, geht es bei der Neugier darum, dass man etwas nicht weiß und es wissen will. Man ist also mehr oder weniger unsicher und will etwas mehr oder weniger stark wissen. (Oder anders: Wenn ich nicht unsicher bin, bin ich nicht neugierig; und wenn ich etwas nicht wissen will, auch nicht.) Unsicherheit und Wissen-Wollen sind damit zwei Aspekte der Neugier und beide lassen sich erfassen.

Der Kontext, in dem Neugierde damit steht, ist nicht der Gleitschirm und auch nicht das Motorrad, sondern – und das wird manchen überraschen – die Schule. Geht es doch bei der Neugierde um nichts weniger als um die Triebfeder dessen, was der Mensch von allen Lebewesen auf der Erde am besten kann, womit er deswegen auch seine meiste Zeit verbringt und was er ohnehin am liebsten macht: Lernen!

In der schönen Arbeit „Der Docht in der Kerze des Lernens“ (Kang et al. 2009; ja, so originell können wissenschaftliche Originalarbeiten zur fMRT betitelt sein!) zum Zusammenhang von Neugier und Lernen wird beschrieben, wie es geht: 19 Studenten liegen im MR-Tomographen und sehen jeweils eine von 40 mehr oder weniger interessanten Fragen zur Allgemeinbildung: „Welches Musikinstrument wurde entwickelt, um wie die menschliche Singstimme zu klingen?“ oder „Wie heißt die Galaxie, in der unsere Erde liegt?“ Dann sollen sie zunächst auf einer Skala von 1 bis 7 angeben, wie neugierig sie auf

die Antwort sind. Danach werden sie gefragt, wie sicher sie die Antwort wissen – von 0 % (weiß gar nichts) bis 100 % (weiß es sicher). Anschließend wird ihnen die Frage noch einmal gezeigt und erst dann sehen sie die Antwort. Nach dem Scannen sollen sie noch ihre jeweils vorher vermuteten Antworten auf die Fragen aufschreiben.

In einem zweiten Experiment mit 16 anderen Studenten wird das Ganze noch einmal gemacht, diesmal ohne Scanner aber mit einem Messgerät zur Pupillenweite zur Bestimmung der Aktivierung des vegetativen Nervensystems. Diese Studenten werden nach der ganzen Prozedur mit der Bitte überrascht, in ein bis zwei Wochen noch einmal ins Labor zu kommen. An diesem Termin werden ihnen dann alle Fragen noch einmal gestellt und sie erhalten 25 Cent für jede korrekte Antwort. Man misst also die Gedächtnisleistung.

Ein drittes Experiment in der Arbeit von Kang und Mitarbeitern untersucht an insgesamt 30 (wiederum anderen) Studenten den Zusammenhang zwischen Neugierde und Belohnung. Wieder ist alles wie gehabt, aber zehn der Studenten bekommen vor Beginn des Experiments halb so viele Münzen wie sie anschließend Fragen gestellt bekommen. Damit können sie sich das Anzeigen der richtigen Antworten (nachdem sie zunächst raten mussten) „erkaufen“. Die anderen 20 Studenten bekommen keine Münzen, sondern müssen entweder auf die Anzeige der richtigen Antwort 5 bis 25 Sekunden warten oder sie können die Antwort überspringen und die nächste Frage abrufen. Die Idee dahinter: Wenn die Probanden neugierig sind, bezahlen die Münzbesitzer für die Anzeige der Antwort und die in der anderen Gruppe warten darauf. Wenn sie nicht neugierig sind, bezahlen oder warten sie nicht. In beiden Fällen wird also gemessen, wie neugierig die Probanden auf die Antwort wirklich sind.

Was kommt heraus? Zunächst zu den funktionellen Gehirn-Bildern: Man gruppiert sie nach der Neugier (Bilder

von Durchgängen mit überdurchschnittlich viel Neugier versus Bilder von Durchgängen mit unterdurchschnittlicher Neugier) und findet auf diese Weise Bereiche im Gehirn, die mit Neugier in Zusammenhang stehen: Beim *Stellen der Frage* sind der linke Nucleus caudatus, der inferiore präfrontale Kortex beidseits und der parahippocampale Kortex beidseits aktiver, wenn man auf die Antwort neugierig ist, als wenn man das nicht ist. Bei der *Anzeige der Antwort* sind Bereiche des Gehirns, die für Lernen und Gedächtnis zuständig sind, viel stärker aktiviert, wenn die Probanden zuvor *falsch* geraten hatten. Dieser Effekt wiederum war von der Neugierde moduliert: Die mit Lernen und Gedächtnis in Zusammenhang stehenden Bereiche des Gehirns (wer es genau wissen will: der inferiore frontale und der parahippocampale Kortex sowie der Hippocampus) waren umso aktiver, je neugieriger die Probanden auf die Antwort waren. Hatten sie zuvor die Antwort bereits richtig geraten, zeigte sich kein Zusammenhang der Aktivierung dieser Areale mit der Neugier. Fazit für Lernen und Unterricht: Eine falsche Antwort ist ein pädagogischer Glücksfall und beileibe kein Grund zu Tadel oder gar Strafe! Denn genau dann sind wir für die Aufnahme neuer und dann eben zutreffender Inhalte besonders prädestiniert!

Es ist eine Sache zu zeigen, dass durch Neugier die „Lernzentralen“ des Gehirns aktiviert werden, und eine andere, ob Neugier tatsächlich zu besserem Lernen führt. Hierzu diente das zweite Experiment, bei dessen Auswertung nachgewiesen wurde, dass größere Neugier tatsächlich zu besserem Behalten führt: Man teilte die Fragen je nach Ausmaß der von den Probanden berichteten Neugier in drei Gruppen mit geringem, mittlerem und hohem „Neugierwert“ ein. Waren die Probanden nur wenig neugierig auf die Frage gewesen, wurde gerade mal etwas mehr als ein Drittel der Antworten korrekt behalten, bei

mittlerer Neugier war es etwa die Hälfte und bei großer Neugier waren es gar zwei Drittel.

Je neugieriger man also war, desto mehr blieb hängen. Zudem wurde gezeigt, dass Neugierde mit einer Vergrößerung der Pupille bereits *vor* der richtigen Antwort (und auch danach) einhergeht. Eine Pupillenvergrößerung zeigt neben erwarteter Belohnung auch vegetative Aktivierung, Aufmerksamkeit, Interesse und kognitiven Aufwand an – alles also Prozesse, die Lernen beschleunigen.

Das dritte Experiment zeigte schließlich, dass Neugier einen direkten belohnenden Effekt hat: Je neugieriger die Probanden waren, desto eher bezahlten sie für die Antwort (bzw. desto länger warteten sie darauf).

Insgesamt ergibt sich damit ein neurobiologisches Bild der Neugierde, das sie in einen klaren Zusammenhang mit Lernen, Erwartung und Belohnung stellt: Ereignisse der Umgebung (Fragen beispielsweise) triggern in unterschiedlichem Ausmaß die Neugier, d. h. die Suche nach Information. Diese Information hat belohnenden Charakter, und dieser Belohnungsaspekt ist in den Basalganglien repräsentiert. Diese wiederum versorgen das Arbeitsgedächtnis im Frontalhirn mit einem gehörigen Schuss Dopamin, so dass es die zu befragende Umgebung besser online halten kann. Ein stärkerer Input vom Belohnungssystem bewirkt eine bessere Einspeicherung der Antwort und sichert damit ihr besseres langfristiges Behalten. Das Ganze trifft vor allem dann zu, wenn die erwartete Antwort *nicht* eintritt, sondern eine neue, andere Antwort von der Umgebung als Input geliefert wird. Dann wird gelernt!

Sofern Sie dieses Buch als relativer Neuro-Anfänger lesen, haben Sie also die größten Chancen auf Glück- und Lernerlebnisse. Sie werden in Ihren Erwartungen oft genug enttäuscht werden, um hoffentlich viel Neues zu lernen. Sind Sie kein Anfänger mehr oder gar ein

Braintertainment-Wiederholungstäter, dann hoffen wir Herausgeber darauf, dass dieses Buch dennoch funktioniert, beinhaltet es doch genügend unerwarteten Stoff selbst für eingeweihte Spezialisten. Und wenn Sie, Gott-gleich, schon alles wissen, dann lesen Sie diese Zeilen gar nicht, denn dann hätten Sie das Buch gar nicht erst gekauft, ausgeliehen oder geschenkt bekommen. Was auch immer zutrifft, Sie sind entweder Gott selbst (das einzige Wesen ohne Neu-Gier) oder haben Spaß und lernen neu. Gehirnforschung macht also Spaß und zeigt auch noch, warum - und auch das macht Spaß! - Meta-Spaß!

Spaß hat es offensichtlich auch den Autorinnen und Autoren gemacht, an diesem Buch mitzuschreiben, wie man ihren Beiträgen wohl anmerkt. Akademisches Publizieren ist meist kein Vergnügen, verlangt eine eigene, geradezu standardisierte, nüchterne Wissenschaftssprache und oft umständliche Begutachtungsprozeduren durch kritische Kollegen, die teilweise in Konkurrenz mit den Verfassern stehen. Aber es ist für eine Wissenschaftskarriere überlebensnotwendig (*publish or perish ...!*), weil man so genannte Impact Factor Scores sammeln muss. Sie messen, wie oft ein Beitrag von anderen Autoren zitiert wurde. Akademische Berufungen und Zuteilung von Forschungsbudgets hängen heute leider auch davon ab, ob man durch fleißiges Publizieren genügend solcher Punkte einheimen konnte. Für Bücher und Beiträge wie die in diesem Band gibt es keine Punkte. Daher bleiben selbst die spannendsten und für unseren Alltag oft wichtigsten Forschungsergebnisse meist schön im akademischen Insiderzirkel. Umso mehr ist unseren viel beschäftigten und unter solchem Publikationsdruck stehenden Autorinnen und Autoren zu danken, dass sie sich gut gelaunt aus der trockenen akademischen Höhenluft auf einen Sprung zu der neurogierigen Leserschaft gesellen, die sich von diesem Buch angesprochen fühlt. Es war nicht immer leicht, sie trotz ihrer zahlreichen Verpflichtungen in unser

Boot zu bekommen, aber dann haben eigentlich alle beim Abliefern ihrer Manuskripte kundgetan, dass es ihnen Spaß gemacht habe, anders und „freier“ schreiben zu dürfen als in den wissenschaftlichen Journals.

Und da wir einmal beim Danken sind: Ohne ein kritisches, kreatives und kompetentes Lektorat wäre dieses Buch zwar wohl auch zustande gekommen, aber fragen Sie nicht wie ...! Frau Dr. med. Annette Gesien, Herr Volker Drüke (Letzterer als bewährter Braintertainment-Wiederholungstäter) haben die Beiträge so bearbeitet, dass Originalität und Individualität unangetastet blieben, aber so weit wie möglich ein Buch aus einem Guss daraus geworden ist. Sie haben uns dabei mit manchen kritischen Fragen konfrontiert, um Sachverhalte noch klarer darzustellen, auf einige Widersprüche aufmerksam gemacht, die es aufzulösen galt und bei der Beschaffung fehlender Informationen geholfen. Dafür danken wir ihnen sehr. Frau Birgit Heyny hat ebenso gnadenlos wie mit freundlicher Engelsgeduld und großer Flexibilität erreicht, dass der von uns selbst gesetzte Zeit- und Umfangsrahmen eingehalten werden konnte und die redigierten Texte in eine ansprechende lesefreundliche Form gegossen wurden, dafür gebührt ihr ein Sonderdank, ebenso wie Frau Ruth Becker, die uns viele organisatorische Schritte und das Kollationieren des Umbruchs abgenommen hat und jetzt noch einmal diese Taschenbuchausgabe redigiert hat. Nach einer rudimentären Vorstellung unsererseits hat der Grafikdesigner Reinhold Henkel – wie auch bereits bei „Braintertainment“ – virtuos die Umschlagsabbildung gestaltet, viele eigene Ideen eingebracht und unsere wiederholten und manchmal wohl etwas sprunghaften Änderungswünsche mit Großmut, Engagement und Kreativität aufgegriffen. Dafür danken wir ihm herzlich.

„Hirnforschung für Neu(ro)gierige“ ist die Fortsetzung von „Braintertainment“. Auf den Gedanken, jenes erste Buch herauszugeben, waren wir, wie wir in dessen Vorwort

berichtet haben, seinerzeit nicht zuletzt gekommen, weil wir zusammen mit unserem Freund Joram Ronel gerade ein Jazz-Trio mit dem Namen „Braintertainers“ gegründet hatten. Von dieser Wortschöpfung waren wir selber so begeistert, dass wir – beim guten Rotwein nach dem Üben – beschlossen, unter einem ähnlichen Titel auch ein Buch in die Welt zu setzen. Dass im vorliegenden Nachfolgebund nun alle drei Braintertainers vertreten sind, war also überfällig, zumal wir bei unseren leider viel zu seltenen Übungsabenden immer auch über „... das Buch!“ gesprochen haben. Was bei diesen Treffen sonst noch herausgekommen ist, können Sie bei youtube unter dem Suchwort „Braintertainers“ ansehen, wenn Sie möchten. Zugegeben: die Klicks halten sich bislang in Grenzen, aber das erfreulich positive Echo auf unser Buch, für das wir uns an dieser Stelle bei einer Reihe von Rezensenten und Kritikern bedanken möchten, sowie dessen recht beachtlicher Verkaufserfolg haben uns und den Verlag ermutigt, „Hirnforschung für Neu(ro)gierige“ jetzt auch als preiswerte Taschenbuchausgabe herauszubringen. Also: viel Spaß damit – und nun halten wir Sie nicht weiter vom Lesen der vielen spannenden Beiträge ab, denn wir dürfen ja davon ausgehen, dass Sie schon neugierig sind, was in diesem Buch so alles auf Sie zukommt.

Ulm und Teolo, im Sommer 2012

Manfred Spitzer
Wulf Bertram

Literatur

Kang MJ, Hsu M, Krajbich IM, Loewenstein G, McClure SM, Wang JT, Camerer CF (2009). The wick in the candle of learning. Epistemic curiosity activates reward circuitry and enhances memory. *Psychological Science*; 20: 963-973.

Inhalt

- 1 Hirnlandschaften
Eine funktionell-neuroanatomische Tour d'Horizon
Johann Caspar Rüegg und Wulf Bertram
- 2 Sezierer und Sektierer
Die antiken Hauptdarsteller der Hirnforschung
Axel Karenberg
- 3 „Ain't no sunshine when she's gone“
Wie Bindung das Gehirn verändert
Anna Buchheim und Wulf Bertram
- 4 Wir und die anderen
Von den Spiegelneuronen zum Mitgefühl
Vittorio Gallese und Giovanni Buccino
- 5 Das gewollte Klischee
Der Mythos vom großen Unterschied zwischen Mann
und Frau
Rafaela von Bredow
- 6 Die Liebe im Kopf
Über Partnerwahl, Bindung und Blindheit
Andreas Bartels
- 7 Automatik im Kopf
Wie das Unbewusste arbeitet
Manfred Spitzer
- 8 Hirnmüll oder Königsweg zum Unbewussten
Ist der Traum ein salonfähiges Forschungsthema?

Michael H. Wiegand

- 9 Wenn das Gehirn den Magen umdreht
Ekel und Ekel-Lust
Dieter Vaitl
- 10 Neurogastronomie
Wie das Gehirn sein eigenes Süppchen kocht
Wulf Bertram
- 11 Seh ich da was, was du nicht siehst?
Methoden, Möglichkeiten und Mängel des
Neuroimagings
Henrik Walter und Susanne Erk
- 12 Gedankenlesen
Fiktion oder Zukunftstechnologie?
Stephan Schleim
- 13 Das Hirn in Psychotherapie
Psychische und neuronale Selbstorganisation im
therapeutischen Prozess
Günter Schiepek
- 14 Was wir von Plazebo lernen können
Wie therapiert das Gehirn seine Störungen?
Josef Aldenhoff
- 15 Glaubst du noch oder denkst du schon?
Moderne Hirnforschung und religiöse Gefühle
Vince Ebert
- 16 „Mein Ich liebt dein Du“
Mythen und Schauermärchen in Hirnforschung und
Philosophie. .
Michael Pauen

17 Fördern Blindstudien das Sehen?

Der animalische Magnetismus Mesmers und die
evidenzbasierte Medizin

Joram Ronel

18 Dichter als Kranionauten

Gehirne im Meer der Literatur

Daniel Schäfer

19 Vom Gehirn im Tank zum Geist aus der Maschine

Zur Repräsentation des Gehirns im fiktionalen Film

Giovanni Maio

Epilog

Auf einen Absacker mit Eckart von Hirschhausen

Eckart von Hirschhausen

Autorenverzeichnis

Personen- und Sachverzeichnis



Die von Wulf Bertram herausgegebene Reihe „Wissen & Leben“ vereint eine Kollektion ebenso unterhaltsamer wie anspruchsvoller Essays aus den Bereichen Medizin, Psychologie, Naturwissenschaft und Naturphilosophie. Wissenschaftler von internationaler Reputation vermitteln mit Engagement (und offensichtlichem Vergnügen beim Schreiben!) die faszinierenden Ergebnisse moderner Forschung und Theoriebildung.

Die bisher erschienenen Bände der Reihe:

Thomas Bergner:

Unsere Gefühle - Die Sprache des Selbst

Hans Biedermann:

Die Drillinge des Doktor Freud

Valentin Braitenberg:

Das Bild der Welt im Kopf - Eine Naturgeschichte des Geistes

Information - der Geist in der Natur

Carsten Bresch:

Evolution - Was bleibt von Gott?

Alois Burkhard:

Achtsamkeit - Entscheidung für einen neuen Weg

Peter Fiedler:

Verhaltenstherapie mon amour - Mythos, Fiktion, Wirklichkeit

Heinz Hilbrecht:

Meditation und Gehirn - Alte Weisheit und moderne Wissenschaft

Reinhart Lempp:

Generation 2.0 und die Kinder von morgen - aus der Sicht eines Kinder- und Jugendpsychiaters

Michael Metzner:

Achtsamkeit und Humor

Jürgen G. Meyer:

Darwin, Mendel, Lamarck & Co. - Die Partitur der Evolution zum Homo sapiens

Johann Caspar Rüegg:

Mind & Body - Wie unser Gehirn die Gesundheit beeinflusst

Die Herz-Hirn-Connection - Wie Emotionen, Denken und Stress unser Herz beeinflussen

Manfred Spitzer:

Aufklärung 2.0 - Gehirnforschung als Selbsterkenntnis

Dopamin & Käsekuchen - Hirnforschung à la carte

Nichtstun, Flirten, Küssen - und andere Leistungen des Gehirns

Imitieren, Kommunizieren, Korrumpieren - Das (un)soziale Gehirn

1 Hirnlandschaften

Eine funktionell-neuroanatomische Tour d'Horizon

Johann Caspar Rüegg und Wulf Bertram

„Wenn das menschliche Gehirn so einfach wäre, dass wir es verstehen könnten, wären wir zu simpel, um es zu verstehen“, erklärte der amerikanische Physik-Professor Emerson M. Pugh (1896–1981) in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts. Sollte man es also vielleicht lieber gar nicht erst versuchen?

Mehr als 30 Jahre später sieht es nicht so aus, als hätte sich die Scientific Community von diesem Verdikt entmutigen lassen. Und eine ständig wachsende „neurogierige“ Öffentlichkeit schon gar nicht: Hirnforschung hat Hochkonjunktur. Am 17. Juli 1990 hatte der damalige US-Präsident George Bush (der Vater!) das gerade angebrochene Jahrzehnt zur „Decade of the brain“ ausgerufen. Mit der üblichen zehnjährigen Verspätung wurde dann auch im April 2000 im Rahmen eines „Wissenschaftsfestivals“ auf dem Petersberg bei Bonn das „Jahrzehnt des Gehirns“ in Deutschland proklamiert. Die Anzahl der Publikationen über unser komplexestes, knapp drei Pfund schweres Organ ist exponentiell angewachsen, und Sie beschäftigen sich gerade mit einer derselben aus einem Meer von Tausenden. Seien Sie also erst einmal herzlich willkommen!

Wir glauben, dass Sie von den nachfolgenden Beiträgen mehr profitieren und dass sie Ihnen mehr Freude machen

werden, wenn wir Sie zunächst mitnehmen auf eine „Tour d'Horizon“ durch die Hirnlandschaft, die Ihnen einige Grundkenntnisse über Begriffe, Funktionen und den anatomischen Aufbau des Gehirns vermitteln soll. Wenn Sie damit schon weitgehend vertraut sind, werden Sie sich sicherlich zunächst einmal von uns verabschieden und direkt zu den nächsten Beiträgen springen, um vielleicht ja später hier und da mal etwas in unserem kurzen Überblick nachzulesen oder ein paar Details aufzufrischen.

Begeben wir uns also auf die Tour.

Die Gliederung der Hirnhalbkugel

Das Gehirn gliedert sich in mehrere Hauptabschnitte (Abb. 1). Das **Großhirn**, auch Endhirn (Telencephalon) oder Cerebrum genannt, ist in seiner Komplexität die jüngste Errungenschaft der Evolution. Es besteht aus den beiden Hirnhälften (Hemisphären), die durch einen dichten Filz von Nervenfasern miteinander verbunden sind, den so genannten **Balken** (Corpus callosum). In ihrem Inneren enthalten die beiden Hirnhemisphären die mit einer klaren, farblosen Flüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) gefüllte linke und rechte Hirnkammer (Ventrikel). Der Balken legt sich über diese Ventrikel und das **Stammhirn**, also das Zwischenhirn (Diencephalon) mit dem darunter gelegenen Hirnstamm, der seinerseits durch „Stiele“ (Pedunculi) mit dem Groß- und **Kleinhirn** (Cerebellum) verbunden ist.

Der Hirnstamm (Truncus cerebri)

Der Hirnstamm umfasst das **Mittelhirn** (Mesencephalon), die **Brücke** (Pons; mit Verbindungen zum Groß- und Kleinhirn) sowie das **verlängerte Rückenmark** (Medulla oblongata), das viele unserer vegetativen Funktionen reguliert, etwa Atmung und Blutdruck. Es geht am hinteren (kaudalen) Ende in das - in der Wirbelsäule gelegene - Rückenmark (Medulla spinalis) über. Ist also, etwa infolge eines Schädeltraumas, die Medulla oblongata beschädigt, bedeutet das den sicheren Tod, da die Atmung versagt und der Blutdruck nicht mehr reguliert werden kann. Bei einer Verletzung des übrigen Hirnstamms fällt der Mensch in einen Zustand tiefster Bewusstlosigkeit, das Koma. Der Hirnstamm enthält nämlich eine netzartige Struktur, die **Formatio reticularis**, die von der Brücke bis zum Mittelhirn zieht und nicht nur an der Steuerung so wichtiger Körperfunktionen wie Schlafen und Wachen beteiligt ist, sondern auch an der Regulation von Aufmerksamkeit und Bewusstseinszuständen.

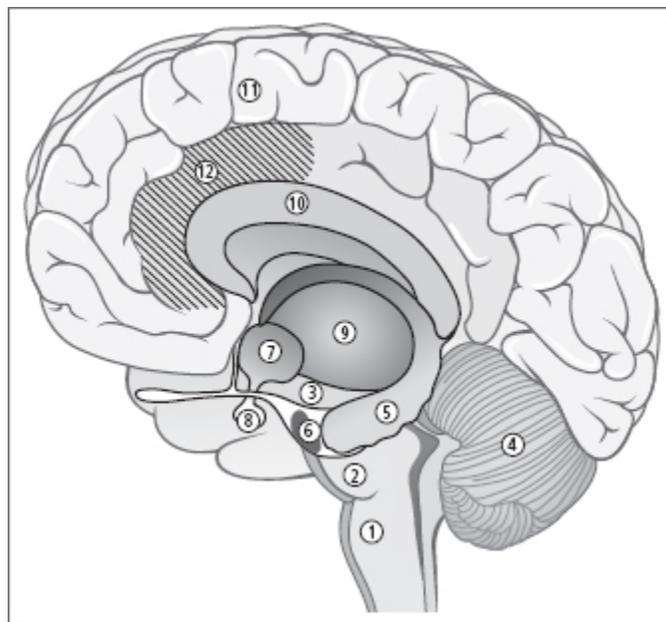


Abb. 1 Darstellung der Gehirnabschnitte und des anterioren Gyrus cinguli (ACC) in der Großhirnrinde (12, schraffiert). 1 = Verlängertes Rückenmark (Medulla oblongata); 2 = Brücke (Pons); 3 = Mittelhirn; 4 = Kleinhirn; 5 = Hippocampus; 6 = Mandelkern (Amygdala); 7 = Hypothalamus; 8 = Hypophyse; 9 = Thalamus (Teil des Zwischenhirns); 10 = Balken (Corpus callosum); 11 = Großhirnrinde mit ACC

Im Hirnstamm entspringen zehn der zwölf **Hirnnerven**, z. B.

- der Nervus trigeminus, der u. a. für Wahrnehmungen der Hautsinne im Kopfbereich zuständig ist;
- der Nervus facialis, der die mimische Gesichtsmuskulatur innerviert;
- der Nervus vagus (der „Umherschweifende“), der die Herzschlagfrequenz kontrolliert, aber auch im Bauch „vagabundiert“, wo er fast alle Eingeweide mit Nervenfasern versorgt.

Der „Vagus“ enthält sowohl sensorische als auch motorische Fasern, die z. B. die Schlundmuskulatur innervieren, aber auch Fasern des autonomen (vegetativen) Nervensystems. Letztere gehören zum **Parasympathikus**, dessen Aktivität zu einer ruhigen Erholungslage im Organismus führt, indem sie die Leistung drosselt und Energieverbrauch, Blutdruck und Herzfrequenz senkt. Sein Gegenspieler ist der **Sympathikus**, dessen Ursprungsneurone im Brust- und Lendenbereich des Rückenmarks liegen und (wie der Parasympathikus) vom Hirnstamm kontrolliert werden.

Das Kleinhirn (Cerebellum)

Das Kleinhirn ist ein „Bewegungssupervisor“ (Bertram 2007). Es besteht zum einen aus einem phylogenetisch alten Teil, der hauptsächlich der Steuerung des Gleichgewichts und der Körperhaltung dient, und zum anderen aus einem jüngeren Teil, der über die Brücke (Pons) mit dem Großhirn verbunden ist. Das Großhirn ist über diese Verbindung an der Feinregulierung und Koordination der Muskelbewegungen beteiligt. Bei Erkrankungen des Kleinhirns können deshalb die Betroffenen unter Schwindel und Gangunsicherheit leiden, aber auch unter Störungen der Motorik. Sie können beispielsweise im Finger-Nase-Versuch nicht mehr bei geschlossenen Augen mit dem Zeigefinger die Nase treffen, und sie sprechen oftmals „verwaschen“.

Das Zwischenhirn (Diencephalon)

Das Zwischenhirn beherbergt den **Thalamus**, eine wichtige Umschaltstelle für Nachrichten von den Sinnesorganen, z. B. den Hautsinnen, die aus der Körperperipherie über das Rückenmark dem Großhirn zugeleitet werden. Dort erst können sie uns bewusst werden - wenn überhaupt: Denn von den unzähligen Eindrücken, denen wir in jedem Augenblick ausgesetzt sind, können wir nur einen ganz kleinen Teil bewusst verarbeiten. Am hinteren Ende des Thalamus liegt die **Zirbeldrüse**, die das „Schlafhormon“ Melatonin produziert. Unterhalb des Thalamus, in der untersten Etage des Zwischenhirns, befindet sich der **Hypothalamus**. Er kontrolliert automatisch eine Reihe von vegetativen Körperfunktionen, etwa die Körpertemperatur. Über den Hypophysenstiel ist er mit der Hirnanhangsdrüse, der **Hypophyse**, verbunden, die unter dem Hypothalamus in einer sattelförmigen Knochengrube („Türkensattel“) der Schädelbasis liegt und sich dem Boden des Zwischenhirns anschmiegt. Durch CRH (Corticotropin-releasing-Hormon oder Kortikoliberin), ein im Hypothalamus gebildetes Neurohormon, wird in der Hypophyse die Sekretion von ACTH (Adrenokortikotropes Hormon) angestoßen. Das schwer auszusprechende Wort „adrenokortikotrop“ bedeutet „auf die Nebennierenrinde einwirkend“, und tatsächlich geht es uns dann „an die Nieren“: In der Nebennierenrinde werden die Synthese und die Ausschüttung des Stresshormons Kortisol angekurbelt, während die Sekretion des Stresshormons Adrenalin nach der Aktivierung des Sympathikus durch das Nebennierenmark erfolgt.

Das Großhirn (Cerebrum)

Das Großhirn lässt sich in vier Lappen (Lobi) unterteilen: Stirn-, Scheitel-, Schläfen- und Hinterhauptlappen (Frontal-, Parietal-, Temporal- und Okzipitallappen). Seine Oberfläche wird durch zahlreiche Furchen vergrößert (s. Abb. 2), welche die nur wenige millimeterdicke dicke Hirnrinde in Windungen (Gyri) unterteilen. Dazu zählen z. B. der vor der Zentralfurche im Frontallappen gelegene Gyrus praecentralis. In dieser Hirnwindung befindet sich der motorische Kortex, der unseren Bewegungsapparat beherrscht. Gegenüber, hinter der Zentralfurche im Parietallappen, liegt der Gyrus postcentralis, der eine Repräsentation - quasi eine (verzernte) „Landkarte“ - unserer sensiblen Körperoberfläche enthält. Man spricht vom sensorischen „Homunculus“. Auf der Innenseite jeder Hemisphäre liegt, direkt über dem Balken, ein phylogenetisch alter Teil der Großhirnrinde, der Gyrus cinguli, den man zum „limbischen System“ zählt, über das in diesem Buch noch so manches Mal die Rede sein wird.



Abb. 2 Querschnitt durch Groß- und Zwischenhirn. 1 = Großhirnrinde; 2 = Großhirnmark; 3 = Balken; 4 = Schweifkern (Nucleus caudatus); 5 = Schale

(Putamen), 6 = Pallidum (→ 4 bis 6 entsprechen den Basalganglien); 7 = Mandelkern; 8 = Zwischenhirn

Die Großhirnrinde (Cortex cerebri) besteht aus Milliarden „kleiner grauer Zellen“, anatomisch korrekter als „graue Substanz“ bezeichnet. Darunter (subkortikal) befindet sich das Marklager. Es enthält die „weiße Substanz“ des Gehirns, also die unzähligen markhaltigen Nervenfasern. Diese Fasern sind mit dem „Isoliermaterial“ Myelin ummantelt, d. h. myelinisiert. Sie verkabeln u. a. die in der Hirnrinde gelegenen Nervenzellen (Neurone) mit anderen Teilen des Zentralnervensystems, etwa mit den Neuronen anderer Hirnlappen oder – als so genannte Projektionsfasern – mit dem Kleinhirn, dem Hirnstamm und dem Rückenmark. Gleichsam eingebettet in die weiße Substanz des Marklagers sind Areale aus grauer Substanz, so genannte Hirnkerne (Nuclei), die aus den Ansammlungen von Zellkörpern (Perikaryen) zahlreicher Nervenzellen bestehen – beispielsweise der Mandelkernkomplex (Amygdala) und die Basalganglien (z. B. Putamen, Nucleus caudatus und Nucleus accumbens).

Die Nervenzellen des Gehirns

In der grauen Substanz des Gehirns befinden sich Milliarden von Nervenzellen, so genannte Neurone, die in bis zu sechs Schichten übereinanderliegen. Weitere Hirnzellen sind die von Rudolf Virchow entdeckten Zellen mit einer Stütz- und Schutzfunktion, denen er – abgeleitet vom griechischen Wort für „Leim“ – den Namen „Gliazellen“ gab. Dazu gehören die Oligodendrozyten, welche die Myelinscheiden um die Nervenfasern bilden, sowie die zwischen den Nervenzellen und Blutgefäßen gelegenen Astrozyten. Diese regulieren die Weite der zerebralen Blutgefäße und somit die Hirndurchblutung.

Jedes Neuron besteht aus dem **Zellkörper** (Perikaryon), aus dem zweierlei Fortsätze sprießen: das Axon (auch Neurit genannt) mit seinen zahlreichen Endverzweigungen und die vielfach verästelten Dendriten (Abb. 3). Letztere knüpfen unzählige Kontakte mit den Endigungen der Axone anderer Neurone. Zu den größten Neuronen zählen die so genannten Pyramidenzellen im motorischen Kortex. Ihre Axone ziehen sich entlang der Pyramidenbahn (im Tractus corticospinalis) durch das Marklager und den Hirnstamm bis ins Rückenmark. Dort kontaktieren sie die Dendriten von Motoneuronen, welche die Muskulatur des Bewegungsapparates innervieren. Damit können die Muskelkontraktionen ausgelöst werden, die uns zu beweglichen Wesen machen.

Die Verknüpfungspunkte eines Axons mit Dendriten heißen **Synapsen**. Da jedes Neuron bis zu 10 000 solcher Kontaktstellen hat, kommt es zu der gigantischen Zahl von einer Billiarde Synapsen in unseren Gehirnen (eine Milliarde Millionen oder eine 1 mit 15 Nullen). An den Synapsen berühren sich die Fortsätze der Neuronen nicht unmittelbar; sie bleiben durch eine submikroskopisch enge Kluft, den synaptischen Spalt, voneinander getrennt. Über diesen Spalt hinweg tauschen die Nervenzellen mithilfe von Botenstoffen (Neurotransmittern) Informationen aus. Sie „sprechen“ miteinander, indem jede Nervenzelle mittels