

dtv

Was hat es mit den Vorgängen beim Denken, Lernen und Vergessen eigentlich auf sich? Manches lernt man schnell, anderes begreift man nie. Was man eben noch wusste, ist oft schon nach Sekunden wieder weg. Dies alles sind Erfahrungen, die jeder schon gemacht hat. Frederic Vester zeigt auf seiner Kreuzfahrt durch das menschliche Gehirn eine völlig neue Richtung der Gehirnforschung: die Biologie der Lernvorgänge. Auf eine sehr klare und anschauliche Art führt er den Nachweis, dass alle Mühe umsonst ist, wenn man beim Lehren und beim Lernen gegen die biologischen Grundgesetze verstößt – Gehirnforschung, wie sie jeden angeht. Ein Testprogramm, anhand dessen jeder seinen individuellen Lerntyp feststellen kann, verhilft dem Leser darüber hinaus zu nützlichen Einsichten in die Beschaffenheit seines eigenen »biologischen Computers« und wie er ihn am effektivsten nutzen kann.

Frederic Vester (1925–2003) war Biochemiker und Fachmann für Umweltfragen, Gründer und Leiter der Studiengruppe für Biologie und Umwelt GmbH in München. Von 1982 bis 1988 Inhaber des Lehrstuhls für »Interdependenz von technischem und sozialem Wandel« an der Universität der Bundeswehr in München, bis 1992 als ständiger Gastprofessor für Betriebswirtschaft an der Hochschule St. Gallen. Einem großen Publikum wurde er bekannt durch wissenschaftliche Fernsehreihen und als Bestsellerautor von Sachbüchern. Auszeichnungen u. a. Adolf-Grimme-Preis 1974, Umweltschutzmedaille 1975, Autorenpreis der Deutschen Umwelthilfe 1979, Philip-Morris-Forschungspreis 1984, Umweltpreis der Stadt Essen 1984, Saarländischer Verdienstorden 1988, Ehrendoktorwürde für Wirtschaftswissenschaften der Hochschule St. Gallen 1989, Bayerische Umweltmedaille 1992, Comenius Medaille 2000, seit 1993 war er Mitglied des Club of Rome.

Frederic Vester

Denken, Lernen, Vergessen

Was geht in unserem Kopf vor,
wie lernt das Gehirn,
und wann lässt es uns im Stich?

Mit zahlreichen Abbildungen

Deutscher Taschenbuch Verlag

Von Frederic Vester
sind im Deutschen Taschenbuch Verlag erschienen:
Phänomen Streß (33044)
Die Kunst vernetzt zu denken (33077)

Als Unterrichtsmaterial liegen die folgenden Videofilme zu
»Denken, Lernen, Vergessen« vor:
Denken, Lernen, Vergessen; 3 Teile, Spieldauer je 45 Minuten
Blick ins Gehirn; 3 Teile, Spieldauer je 7 Minuten
Meister der Komplexität; Spieldauer 55 Minuten
sowie das interaktive Strategiespiel
»ecopolicy« auf CD-ROM
Online-Shop auf www.frederic-vester.de

**Ausführliche Informationen über
unsere Autoren und Bücher
finden Sie auf unserer Website
www.dtv.de**



Ungekürzte, vom Autor überarbeitete Ausgabe 1978 (dtv 1327)
24. Auflage 1997 (30003)
35. Auflage 2012

Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG,
München

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Sämtliche, auch auszugsweise Verwertungen bleiben vorbehalten.
© 1975 Deutsche Verlags-Anstalt, München
Verlagsgruppe Random House GmbH
ISBN 3-421-02672-6

Umschlagkonzept: Balk & Brumshagen
Umschlagbild: (oben) Lynn Johnson (AURORA, USA)
(unten) Heiner Müller Elsner (FOCUS, Hamburg)
Gesamtherstellung: Druckerei C. H. Beck, Nördlingen
Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier
Printed in Germany · ISBN 978-3-423-33045-9

Inhalt

Vorbemerkung zur Neubearbeitung der Taschenbuch-Ausgabe	7
Gehirnforschung, wie sie jeden angeht	9
I Die Prägung unseres Gehirns	
»Hardware« – Aufbau der Struktur	15
Einführung	15
Wo denken wir was?	26
Eine Mikrowelt mit eigenen Gesetzen	30
Erste Lebenseindrücke – unterschätzte Vorprogrammierung	38
Grundmuster und individuelles Lernen	44
Gibt es eine optimale erste Umgebung?	48
Update-Schwierigkeiten mit der Pubertät	54
II Geist braucht Materie	
»Software« – Elemente des Gedächtnisses	57
Einführung	57
Ultrakurzzeit-Gedächtnis – erster Filter für Wahrnehmungen	59
Kurzzeit-Gedächtnis – zweiter Filter für Wahrnehmungen .	67
Gedächtnis auch in Körperzellen	73
Langzeit-Gedächtnis – Erinnerung fest verankert	84
Der Flaschenhals der Informationsverarbeitung	90
III Biologische Kommunikation	
Neuronen im Regelkreis	92
Einführung	92
Denkprozesse im Wechselspiel mit Drogen	92
Denkprozesse im Wechselspiel mit Hormonen	96

Denkblockaden – Störung durch Stresshormone	99
Einfälle – Neuschöpfung aus vielfältigem Wechselspiel ..	108
Schöpferische Teamarbeit	117
IV Die Katastrophe der schulischen Praxis	
Die unbiologische Lernstrategie von Psychologie und Pädagogik	120
Einführung	120
Das Netzwerk vom Lernen	122
Schulbücher, die das Lernen verhindern	166
Das Gesamtnetz	175
V Spielen hilft verstehen	
Die wirksamste Lernhilfe – sträflich verkannt	181
Einführung	181
Der biologische Sinn des Spiels	182
Die Realität als Medium	185
Gefahrloses Ausprobieren der Wirklichkeit	188
Vermittler zwischen Theorie und Praxis	190
Anhang	197
I Der Lernstoff und seine Aufbereitung	197
II Lerntypentest	201
III Gedächtnistest	210
Ein Nachwort zur Wirkung dieses Buches von Rudolf Schilling	233
Wörterklärungen	238
Anmerkungen und Literaturhinweise	242
Bildquellen	253
Register	254

Vorbemerkung zur Neubearbeitung der Taschenbuch-Ausgabe

Dieses Buch beruht auf der im Februar und März 1973 ausgestrahlten Fernsehserie ›Denken, Lernen, Vergessen‹ und hat dennoch bis heute nichts an Aktualität verloren. Die Absicht der damals an das große Publikum gerichteten Sendungen war es, den Zuschauern anhand der neuesten biologischen Erkenntnisse einen Einblick in die faszinierenden Zusammenhänge zwischen Körper und Geist zu geben. Eine Einsicht in das Wechselspiel zwischen den Funktionen unseres Organismus und all dem, was wir fühlen und denken.

Das Echo war über alles Erwarteten groß, und die Sendungen wurden mehrmals wiederholt und als Hörfunkserie umgearbeitet. Für den ersten Film der Serie erhielten der Autor und sein Produzent Gerhard Henschel den Adolf-Grimme-Preis 1974. Ein Jahr später wurde eine dritte Folge produziert, welche die den ersten beiden Folgen zugrundeliegenden Erkenntnisse in ihren Konsequenzen für die Praxis des Lehrens und Lernens umsetzte.

Nach der ersten Ausstrahlung der Fernsehfilme traf die für eine wissenschaftliche Fernsehserie sensationelle Zahl von 16 000 Zuschriften und Manuskriptanfragen ein. Nach den Wiederholungen der Filme erhöhte sich die Zahl bald auf über 20 000.

Angesichts des enormen Interesses der Öffentlichkeit erschien dann bei der DVA das Sachbuch ›Denken, Lernen, Vergessen‹. Die Auflage kletterte rasch in die Höhe. Einundzwanzig Wochen lang führte das Buch die Bestsellerlisten des SPIEGEL an und eroberte sich auch in der Jahresbestsellerliste den ersten Platz. Bis heute wurde das Buch in sieben Sprachen übersetzt. In Holland ist es im April 1976 zum »Buch des Monats« gewählt worden und erreichte innerhalb eines einzigen Monats einen Rekordabsatz von 82 000 Stück. Inzwischen ist ›Denken, Lernen, Vergessen‹ auch in mehreren deutschen Buchclub-Ausgaben erschienen und liegt seit 1978 auch als Taschenbuch vor.

Viele Aussagen des Buches basieren auf dem Inhalt meiner Vorlesungen an den Universitäten Konstanz, Regensburg und Es-

sen, andere auf Recherchen der Studiengruppe für Biologie und Umwelt zu einem »biologisch sinnvollen Lernen«. Die meisten Erkenntnisse sind nach wie vor gültig und konnten auch in dieser Neubearbeitung unverändert beibehalten werden, sodass die Aktualisierung anhand der neueren Fachliteratur vor allem in Ergänzungen besteht, ohne dass die Grundaussagen korrigiert werden mussten. Die Bebilderung stammt vorwiegend aus dem Original-Filmmaterial der Fernsehserie »Denken, Lernen, Vergessen«. Für die Überlassung weiteren Bildmaterials danke ich Prof. Dr. K. Akert, Prof. Dr. D. L. Harmon, Prof. Dr. E. R. Lewis, dem Trickstudio Roderjan wie auch der Redaktion der Zeitschrift »Schule« und der Zeitschrift »Die Kapsel«. Besonderer Dank gebührt den bei der Filmherstellung und einigen der angeführten Tests mit großem Interesse an der Sache mitwirkenden Pädagogen M. Kusterer, M. Maurer, H. von Miller, A. von Schirnding, Dir. G. Schwab, Dr. H. Seeberger und Frau Dr. T. Sladky. Dem Max-Planck-Institut für Psychiatrie und seinen Mitarbeitern, insbesondere Dr. Mehraein, sei für die ständige, bereitwillige Beratung, für Bildmaterial, jederzeitige Filmerlaubnis und viele Diskussionen gedankt. Weiterer Dank gilt B. v. Harder für seine Hinweise auf die neueren Forschungen zur Gehirnentwicklung in der Pubertät sowie der Mitwirkung der vielen Schüler und der in meinen Seminaren mitarbeitenden Studenten – und nicht zuletzt meinen eigenen Kindern, die nun selber wieder schulpflichtige Kinder haben und die mich bis heute den Kontakt mit der Realität des ständigen Lernens nie verlieren ließen. Meinen Lesern, Mitarbeitern und Freunden verdanke ich viele Anregungen und sachliche Kritiken, die ich für die Überarbeitung verwendet habe. Dem Deutschen Taschenbuch Verlag gebührt Dank für die fruchtbare redaktionelle Betreuung bei der Überarbeitung und Neugestaltung dieses Buches, der mit der Jubiläumsausgabe 2001 eine erneute Aktualisierung gefolgt ist. Die Neuausgabe erschien mir auch insofern angebracht, als auf Initiative führender deutscher Gehirnforscher die Dekade 2000 bis 2010 (im Anschluss an die amerikanische *Decade of the brain*) zum *Jahrzehnt des menschlichen Gehirns in Deutschland* ausgerufen wurde.

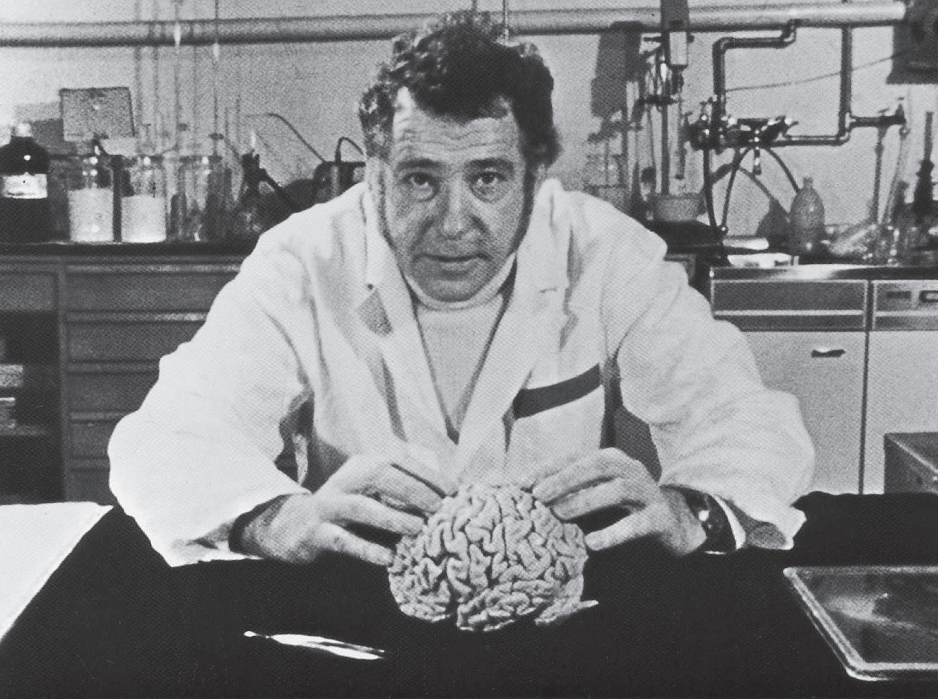
München, 2001

Der Verfasser

Gehirnforschung, wie sie jeden angeht

Wenn diese Buchstaben durch unser Auge vom Gehirn aufgenommen werden, wenn unsere Gedanken ihnen folgen, gesteuert von dem, was wir lesen, was spielt sich dann hinter unserer Stirn ab? Was treiben unsere kleinen grauen Zellen, wenn uns ein Roman fesselt, traurig macht, zum Lachen bringt? Benutzen wir da nicht ein Instrumentarium voll ungeahnter Möglichkeiten, welches wir kaum kennen, ja vielleicht sogar verkennen, falsch bedienen oder gar missbrauchen? In der Tat, die Frage, was es mit den Vorgängen beim Denken, Lernen und Vergessen eigentlich auf sich hat, diese Frage ist heute nicht weniger aktuell als zu Sokrates' Zeiten. Äußerer Ausdruck dieses auch heute anhaltenden Interesses sind entsprechend aufgemachte Sensationen in den Massenmedien: Gehirnmanipulationen, Kopfverpflanzungen, Verhaltenssteuerung per Knopfdruck, Gedächtnisübertragung und was sonst noch alles unter Gehirnforschung verstanden wird. Man braucht nur einmal ein paar Schlagzeilen zu lesen: »Ein abgeschnittener Kopf, der weiterlebt«; »Gehirnzellen zum Leben erweckt«; »Ein Kunsthirn für Bruno«; »Mutterliebe lässt sich drahtlos steuern«; »Zanksucht gezähmt«.

Solche Manipulationen mit Gehirnen und ähnlich makabre Frankenstein-Themen, zum Beispiel die ferngesteuerte Bewegung eines Affenarms oder die ständig benutzte Lusttaste, mit der sich eine Ratte zu Tode vergnügt, betreffen ja im Grunde recht enge medizinische Bereiche und sind in Wirklichkeit ohne größere Bedeutung für uns. Selbst wenn durch Übertragung von Gehirnschicht Wissen direkt übermittelt (was noch sehr fraglich ist) und Gehirne ferngesteuert werden können, setzt das zunächst komplizierte Eingriffe am einzelnen Menschen voraus. Diese Dinge bedeuten daher für die Allgemeinheit keine größere Gefahr als irgendwelche anderen Techniken, mit denen am einzelnen Missbrauch getrieben werden kann. Viel interessanter für uns, bedeutender und weitreichender und für jeden von uns gültig, sind die Erkenntnisse, die wir aus solchen Forschungen über die Geheim-



Der Autor während der Moderation in seinem Fernsehfilm ›Denken, Lernen, Vergessen I‹ (Radio Bremen), für den er zusammen mit seinem Produzenten Gerhard Henschel den Adolf-Grimme-Preis 1974, verbunden mit dem Förderpreis des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, erhielt. Noch bei der Endabnahme zögerte der Sender, die anspruchsvollen Filme im 1. Programm um 20.15 Uhr auszustrahlen. Dass er gut daran tat, sich doch dafür zu entscheiden, zeigte die enorme Anzahl von Zuschriften – auf die erste Ausstrahlung der Filme insgesamt 16 000, vom zwölfjährigen Jungen bis zum 89-jährigen Greis, von der Putzfrau bis zum Professor –, die höchste Zahl, die der Sender je bei einem wissenschaftlichen Film verzeichnen konnte.

nisse des *natürlichen* Zusammenspiels unseres Gehirns mit dem übrigen Organismus erfahren können.

Der Zugang zu den rätselhaften biologischen Vorgängen beim Denken gelingt am besten, wenn wir uns einfach einmal ein paar bestimmte Bereiche der Gehirntätigkeit vorknöpfen und dann nach und nach die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen ihnen beleuchten, bis wir schließlich – immer wieder anhand von Beispielen

aus der Praxis – das komplexe Netzwerk, wie es auf S. 176 abgebildet ist, aufbauen und verstehen können.

Beginnen werden wir mit dem Gehirn selbst, seinem eigenartigen Aufbau, seiner geheimnisvollen inneren Struktur aus vielen Milliarden Nervenzellen und seiner so sonderbaren Evolution gegenüber den Hirnen anderer Lebewesen. Doch wie entwickelt es sich im Laufe unseres *eigenen* Lebens? Die Antwort birgt einige Überraschungen von großer Tragweite. Sie beginnen mit den ersten Eindrücken im Säuglingsalter – Eindrücke, die für das spätere Lernen und Verstehen das entscheidende *Grundmuster* prägen. Diesen Eindrücken in den ersten noch unbewussten Lebenswochen wurde bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Sie sind von Kind zu Kind ungemein verschieden – ebenso verschieden wie unsere Vorlieben, Fähigkeiten, Schwierigkeiten und Abneigungen bei allem, was mit dem Lernen und Denken zusammenhängt. Mit diesem Thema wird sich der erste Teil des Buches befassen.

Im zweiten Teil werden wir die verschiedenen *Speicherschnitte* unseres Gedächtnisses kennen lernen: das Ultrakurzzeit-, das Kurzzeit- und das Langzeit-Gedächtnis – und dabei erste wissenschaftliche Erkenntnisse über die Arbeitsweise und die Hintergründe dieser speziellen Tätigkeiten des Denkens erfahren.

Im dritten Teil geht es dann um die in der Allgemeinheit noch weithin unbekanntem Wechselwirkungen der nun schon etwas bekannteren Denkvorgänge mit dem übrigen Organismus. All dies bleibt jedoch keinesfalls graue Theorie. Denn jeder einzelne Bereich wird dazu von zwei Seiten aus beleuchtet: einmal in einer realen Situation aus dem Leben, die das äußere Bild einer bestimmten Gehirntätigkeit wiedergibt; zum anderen in einem Einstieg in das allmählich immer vertrautere Innere unseres Gehirns selbst, wobei wir versuchen wollen, die dabei sozusagen »hinter den Kulissen« ablaufenden Vorgänge nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen zu verfolgen – Erkenntnisse, die, wenn dieses Buch erschienen ist, vielleicht schon wieder weiter gediehen sind.

Der vierte Teil schließlich wird mit den so gewonnenen Einblicken in die Arbeit unseres Gehirns, dieses unentwegt gebrauchten und doch so unverstandenen und oft malträtierten Denkinstrumentes, einen ersten Schritt in die Praxis wagen und einiges, was



Regiebesprechung während der Dreharbeiten zu ›Denken, Lernen, Vergessen III‹ in den Räumen der Studiengruppe für Biologie und Umwelt, München.

wir in der Studiengruppe für Biologie und Umwelt über ein biologisch sinnvolles Lernen herausgefunden haben, recht deutlich zur Sprache bringen.

Bei all dem werden wir die Forschung auf *solche* Erkenntnisse hin sondieren, die uns neue Horizonte über unsere normale geistige Tätigkeit, unsere Intelligenz, unser Denken und Lernen eröffnen können. Dabei werden Fragen über Fragen auftauchen: Wie groß ist der Einfluss der ersten Wahrnehmungen – Hören, Schmecken, Fühlen – eines neuen Erdenbürgers in der Zeit nach der Geburt? Zeichnen die ersten Eindrücke in dem noch wenig gepräg-

ten Gehirn eines Säuglings tatsächlich unauslöschliche Spuren für die spätere Entwicklung? Warum kommt ein Schüler bei dem einen Lehrer im Unterricht glänzend mit, bei dem anderen dagegen nicht? Ist er nun dümmer als seine Mitschüler, oder hat sein Nichtbegreifenkönnen andere Ursachen? Warum weiß ein Fußballspieler tatsächlich Minuten später nicht mehr, wie er gefoult wurde? Ist eine solche Erinnerungslücke, von der auch Autofahrer oft nach einem Unfall berichten, eine faule Ausrede oder doch ein echter Gedächtnisverlust? Was erfahren wir daraus über die Erinnerungsvorgänge? Warum behalten wir manche Dinge nur für Sekunden, andere dagegen ein ganzes Leben lang? Was bedeutet das plötzliche Vergessen bei Prüfungsangst, das Fehlverhalten bei einer Panik? Wo kommen eigentlich Ideen her? Wodurch werden sie gefördert, wodurch werden sie abgewürgt? Welche Bedingungen stimulieren, welche hemmen uns beim Lernen?

Wenn wir solche Fragen beantworten wollen, müssen wir schon recht tief hinter die Kulissen unseres Gehirns schauen, müssen wir seine Struktur und seine Funktion bis in die letzten Feinheiten kennen. Und genau diese Erkenntnis über unseren biologischen Computer hat vor einigen Jahren begonnen, sich aus vielen Mosaiksteinchen der unterschiedlichsten Forschungsbereiche zusammenzusetzen. Vieles ist Hypothese, erst einiges gesichert. Doch schon aus diesem wenigen können wir Konsequenzen ziehen, die manche der bisherigen Vorstellungen über Lern- und Denkvorgänge erschüttern oder zumindest in ein neues Licht rücken. Und selbst über das, was man gemeinhin Geist nennt, eröffnet dieses beginnende Wissen schon völlig neue Horizonte.

Wie wesentlich es ist, diese Zusammenhänge heute jedem zugänglich zu machen, geht schon daraus hervor, dass der amerikanische Senat die 90er Jahre zum »Jahrzehnt des Gehirns« erklärt hat.¹ So kommen endlich Molekularbiologen und Informatiker miteinander ins Gespräch, verbünden sich mit Linguisten, Neurologen, Psychologen und Physiologen zu einer interdisziplinären Entdeckungsreise, die wir in der Tat dringend brauchen, denn ohne eine neue Sicht der Wirklichkeit und eine bessere Art, unser Gehirn zu nutzen, werden wir immer größere Probleme haben, mit dem komplexen System unserer Welt richtig umzugehen.²

Wie wir das lineare Denken überwinden können und welche Hilfen für eine neue »vernetzte« Sicht heute zur Verfügung stehen, habe ich in meinem Buch ›Die Kunst, vernetzt zu denken‹ anhand vieler praktischer Beispiele dargestellt. (Sh. Anm. 105)

I Die Prägung unseres Gehirns

»Hardware« – Aufbau der Struktur

Einführung

Wie kann man nun so etwas Nichtfassbares wie den menschlichen Geist überhaupt naturwissenschaftlich erforschen? Die ersten Hinweise auf die Beziehungen zwischen Gehirnstruktur und Denkvorgängen kamen aus den Veränderungen krankhafter Hirne. Wir werden etwas später noch genauer darauf eingehen. Moderne Methoden der Hirnvermessung, Einführung von elektrischen Sonden mit Hilfe des Röntgenschirmes, Elektroenzephalogramme, pharmakologische Eingriffe und neuerdings Emissions- und Kernspinschnittbilder haben diese Hinweise im Laufe der letzten Jahre gefestigt. Gleichzeitig stießen sie in ganz neue Dimensionen vor. Sehen wir uns zunächst einmal ein normales menschliches Gehirn an. Diese geheimnisvolle, gallertartige, windungsreiche Masse gab, lediglich präpariert und haltbar gemacht, viele Jahrhunderte lang die Grundlagen für unsere heutige Forschung ab. Gehirne wurden seziiert, in ihrer Form und Größe verglichen, in anatomisch unterscheidbare Einzelteile zerlegt. Heute ist man dabei, mit immer subtileren Methoden der Gehirnphysiologie, der Neurologie und der Biochemie in die differenziertesten Funktionen vorzudringen.

Versuchen wir dieses Vordringen nachzuvollziehen. Im Schädel liegt das Gehirn als der wichtigste Teil des zentralen Nervensystems wohl behütet wie in einem Tresor. Es ist eingebettet in das Gehirnwasser und geschützt gegen Druck und Stoß. Wir haben auch hier, wie bei allen Organen, ein Gebilde voller Wunder vor uns liegen. Der älteste Teil des Gehirns ist das beim Menschen von den anderen Teilen fast völlig verdeckte sogenannte Stammhirn, das bei den Tieren auch heute noch praktisch die gesamte Hirnmasse ausmacht. Im Gipsmodell auf Seite 16/17 sehen wir vier Hirne mit zunehmend ausgeprägtem Großhirn: das eine vom Dachs, ein anderes vom Hirsch, ein drittes vom Gorilla, und im Vergleich

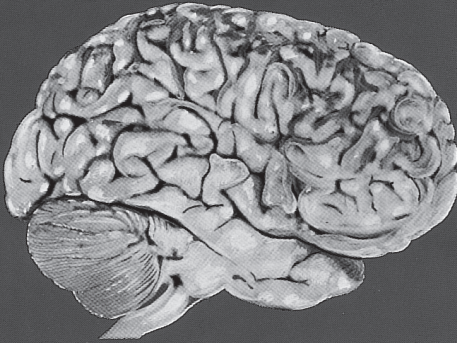


Größenverhältnisse der Gehirne verschiedener Evolutionsstufen. Von links nach rechts: Dachs, Hirsch, Gorilla, Mensch.

dazu, noch unpräpariert, ein echtes menschliches Gehirn aus der Anatomie. Kaum ein anderes Körpergewebe zeigt in der Tat so wesentliche Unterschiede zwischen Tier und Mensch wie gerade der Aufbau des Nervengewebes unseres Gehirns. Wie kam dieser Unterschied zustande?

Im Laufe von Jahrmillionen, also mit der Entwicklung der Arten, hat sich aus einem kleinen, vorne befindlichen Riechhirn unser Großhirn gebildet. Beim Menschen sieht man noch zwei kleine, degenerierte Lappchen als Rest des ursprünglichen Riechhirns. Von diesem ausgehend, haben sich zwei größere Lappen gebildet, die als Großhirnlappen schließlich das gesamte übrige Gehirn überdeckten (vgl. hierzu die Abbildung auf S. 20).

Diese immer stärkere Betonung des Großhirns im Lauf der Entwicklung der Arten hat ihre Ursache in einer allmählichen Verschiebung der Evolutionsbedingungen. Alle Lebewesen, die bis heute überlebt haben, haben auf jede neue Situation in ihrer Umwelt auf eine ihnen ganz eigene Weise reagiert. Je höher sich dabei ein Lebewesen entwickeln musste, desto weniger konnte es einer bestimmten Situation immer bloß auf eine Weise begegnen. Seine Reaktionen wurden vielschichtiger. Berühren wir beispielsweise die Stielaugen einer Schnecke, so zieht sie diese ein. Nach



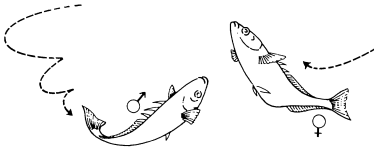
kurzer Zeit fährt sie ihre Antennen wieder aus, berührt wieder unseren Finger damit, zieht sie wieder ein, und so geht es weiter: berühren, einziehen, ausfahren, berühren, einziehen, ausfahren. Machen wir diesen Versuch mit einem Affen, dann erleben wir ganz andere Vorgänge. Der Affe fährt zurück, schließt das Augenlid und geht sofort aus dem Gefahrenbereich. Kommen wir ihm mit unserem Finger nach und wollen das Auge ein zweites Mal berühren, dann nimmt er bereits vorher unseren Finger und hält ihn von sich weg. Beim dritten Mal wird er vielleicht danach beißen, und wenn all das nichts nutzt, und wir wieder auf sein Auge zufahren, gibt er vielleicht seinen angestammten Platz auf und springt zurück, wenn er unseren Finger nur sieht. Die Reaktionen ändern sich von Mal zu Mal und beziehen die jeweils vorangegangenen Erfahrungen mit ein. Wie vielfach in der Biologie führt das Wirken des Nervensystems, vor allem bei den höheren Tieren, über das Zusammenspiel vieler einzelner Reaktionen also zu weit mehr als zu deren bloßer Summierung. Hier ist *Lernen* im Spiel – und das hochkomplexe Zusammenspiel dabei nennen wir Verhalten.

Es ist klar, dass eine so komplizierte Tätigkeit der Nerven eine zentrale Überwachung und Steuerung braucht: das Zentralnervensystem. Mit anderen Worten: ein Gehirn. Und da im Laufe der Evolution bei denjenigen Lebewesen, die mit anatomischen Werkzeugen wie Krallen, Springmuskeln und Flügeln nur schwach aus-

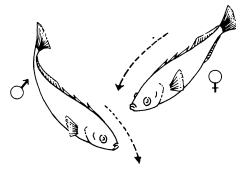
gerüstet waren oder bei denen diese allmählich verkümmerten, eine immer komplexere Reaktion und Verarbeitung im Nervensystem (bis zur kodifizierten Kommunikation mit anderen Gruppenmitgliedern – der Sprache) nötig wurde, um diese Mängel zu ersetzen, hat sich bei solchen Lebewesen (zu denen auch wir gehören) das bewusst steuernde und lernende Gehirn schließlich zu jener gewaltigen Größe entwickelt. Ursprünglich bestand ja das Verhalten im Wesentlichen aus festen Programmen wie Angreifen, Fressen, Sich-Paaren, Fliehen, Schlafen. Kam ein primitives Lebewesen in eine bestimmte Situation und bedeutete diese Situation ein bestimmtes Zeichen, so spulte eines dieser Programme ab, ähnlich einem Computerprogramm. Der Hochzeitstanz der Stichlinge zum Beispiel zeigt dadurch ein ganz eigentümliches Ritual. Auf S. 19 ist dieses Liebesspiel näher beschrieben. Für die Stichlinge ist dieses Ritual so fest programmiert, dass, wenn es unterbrochen wird, die Tiere weder ablaichen noch besamen können. Das Ritual muss erst wieder von vorne begonnen werden, und das so oft, wie es unterbrochen wird. Ein Verhalten, dessen erfolgreicher Abschluss – und damit die Erhaltung der Art – also vom ungestörten Ablauf eines festen Programms abhängt. Die Tiere selbst können diesen Ablauf nicht steuern. Ganz anders bei höheren Tieren.

Verletzt sich etwa eine Katze beim Anschleichen an einem Dorn, so zieht sie die verletzte Pfote nicht nur reflexartig aus der Gefahrenzone zurück. Die Nachricht, dass ein Dorn in der Pfote steckt, wird an das Gehirn weitergeleitet, dort als Schmerz empfunden und mit der Wertung »unangenehm« eingespeichert. In Zukunft wird diese Katze versuchen, Dornenhecken zu vermeiden. Und so, wie hier der Schmerz bewertet wurde, werden es Fressen, Paaren, Angreifen und Flucht ebenfalls. Diese »Werte« bilden eine Art Urbewusstsein im Sinne von angenehmen und unangenehmen Gefühlen.

Doch wo ist dieses Urbewusstsein, wo sind diese Gefühle im Gehirn beheimatet? Warum fehlt es bei niederen Tieren? Hirnspezialisten haben das zentrale Nervensystem durch alle Tierarten hindurch erforscht und herausgefunden, dass das, was wir gerade bei unserer Katze beobachtet haben, erst dann funktioniert, wenn eine ganz bestimmte anatomische Struktur im Gehirn vorhanden ist, die sich aus dem Riechhirn entwickelt hat: das sogenannte limbische



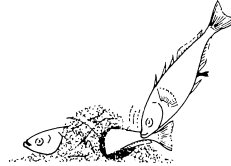
Das Männchen vollführt einen Zickzackanz. Das Weibchen zeigt den dicken Bauch.



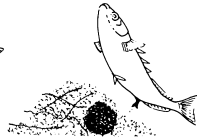
Das Männchen führt zum Nest. Das Weibchen folgt.



Das Männchen zeigt den Nesteingang. Das Weibchen schwimmt ins Nest.



Das Männchen trommelt mit der Schnauze auf den Schwanz des Weibchens.



Das Weibchen laicht ab und schwimmt weg. Das Männchen besamt.

Programmierte Brautschau: der Hochzeitstanz des Stichlingmännchens

Dieses eigenartige Naturschauspiel ist im Frühjahr zu beobachten, wenn das Wasser sich erwärmt. Die Wärme des Wassers wird über die Nerven an das Gehirn des Stichlings gemeldet und führt dort zur Produktion bestimmter Hormone. Diese bewirken, dass das Tier mit der Suche nach einem Nistplatz beginnt. Ist eine geeignete Stelle gefunden, beginnen die Keimdrüsen, das Sexualhormon Testosteron auszuschütten. Das Tier wird aggressiv, verteidigt sein Revier und verändert sein Aussehen: Die Bauchseite färbt sich rot, der Rücken wird türkisfarben und die Augen leuchten blau. Das Stichlingmännchen hat sein Hochzeitskleid angelegt. Nun beginnt der Hochzeitstanz, wie er oben beschrieben ist.

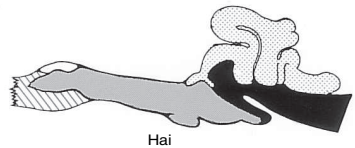
Die Automatik dieses Programms ist genetisch fest verankert. Sie geht sogar so weit, dass man durch künstliche Unterbrechung das Liebesspiel beliebig oft wiederholen lassen kann, ohne dass eine Änderung eintritt. Die Paarung wird nur – und erst dann – vollzogen, wenn das Programm vollständig abgespult ist.

System – in unserem Gehirn eine begrenzte Region oberhalb des Zwischenhirns (siehe Abbildung auf S. 21). In der Evolutionshierarchie der Tiere tritt es zum ersten Mal bei den Reptilien auf.

Verfolgt man die Entwicklung des Gehirns in der aufsteigenden Tierreihe weiter, dann kommt man dahinter, dass das Prinzip, Tätigkeiten mit Gefühlen zu verknüpfen, immer erfolgreicher wird. Endlich verändern die Gefühle sogar ihre ursprüngliche Funktion und werden zu Bewusstsein, das uns Menschen schließlich hilft, ganz besondere komplexe Tätigkeiten auszuüben: nachdenken, pla-

Veränderungen des Gehirns während der Evolution

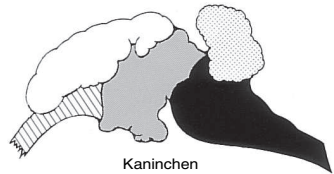
Bei den niederen Tieren nehmen die Teile, die die Koordination und die automatischen Reaktionen des Körpers steuern, am meisten Platz ein; das Kleinhirn (gepunktet), das Zwischen- und Mittelhirn (grau), das verlängerte Mark mit Brücke (schwarz) und das Riechhirn (gestreift). Die Tiere steigen die Leiter der Evolution hinauf, wobei die Kommunikation in der Gruppe und laufende Lernprozesse – also das Denken und damit das Großhirn (weiß) – immer wichtiger werden. Die Oberfläche des Großhirnlappens, der sich aus dem Riechhirn entwickelt, vergrößert sich so sehr, dass sich der Lappen in Falten legen muss, während die Teile, die den Instinkt beherrschen, immer kleiner werden. (Nach R. Moore: Die Evolution, Amsterdam 1973.)



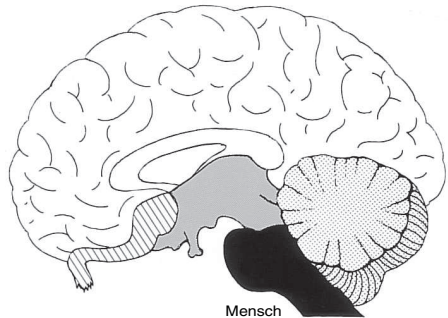
Hai



Eidechse



Kaninchen



Mensch