

# Das Gehirn bei Tier und Mensch

Von Dr. med. Robert Exner

## 1. Die biologische Bedeutung der nervenartigen Gebilde

Je komplizierter die Lebewesen organisiert sind, umso mehr bedürfen sie besonderer Einrichtungen, die die Leistungen ihrer einzelnen Teile fortlaufend untereinander in Übereinstimmung halten und so aus einer Vielzahl einzelner Teile und Teilchen eine höhere organismische Einheit schaffen. Dies wird im allgemeinen durch die chemische und im besonderen durch die nervöse Steuerung der einzelnen Teile erreicht.

Bei der chemischen Steuerung des Organismus werden von einzelnen Teilen des Lebewesens Stoffe in die Umgebung abgegeben, die andere Teile in einer bestimmten Richtung beeinflussen.

Hierher gehört die sogenannte innere Sekretion der Wirbellosen und der Wirbeltiere. Ein für den Menschen wichtiges Organ dieser inneren Sekretion ist die Hirnanhangdrüse (eine sogenannte Hormondrüse) mit ihren verschiedenen chemischen (hormonalen) Steuerungsleistungen.

Bei der nervösen Steuerung eines Lebewesens übernehmen die Nerven die Aufgabe, die Beziehungen der einzelnen Organe zueinander und, vermittelt der Sinnesorgane, die Beziehungen des Gesamtorganismus zur Außenwelt zu regeln. Die nervöse Steuerung arbeitet rascher und präziser als die chemische. Sie ist daher besonders für solche Lebewesen von Bedeutung, deren Lebensweise eine Fortbewegung mit sich bringt.

Bei Organismen, die aus vielen Zellen zusammengesetzt sind, herrscht unter diesen

das Prinzip der Arbeitsteilung: es gibt Zellverbände, die Drüsen mit innerer Sekretion, welche die Stoffe für die chemische Steuerung, die Hormone, produzieren, und es gibt Zellen, die nur nervösen Leistungen dienen, die Nerven- oder Ganglienzellen. Diese bilden den Hauptteil des Gehirns sowie des Rückenmarks der Wirbeltiere und des Nervensystems der Wirbellosen. Nervenzellen finden sich aber auch sonst in Nervenplexen und Nervenknotten im Körperinneren, wo sie das vegetative oder autonome Nervensystem („die Lebensnerven“) bilden. Die dem Willen nicht unterworfenen „Lebensnerven“ besorgen die Verbindung der einzelnen Organe untereinander. Sie vereinheitlichen also den Organismus, damit er, unabhängig vom Willen, lebensnotwendige Gesamtleistungen zu vollführen vermag, wie etwa die Atmung, den Kreislauf, die Verdauung u. a. m.

Im Gegensatz zu anderen Zelltypen können innerhalb der Wirbeltierreihe die Nervenzellen nur während der Embryonalentwicklung gebildet werden, und zwar nur an jenen Stellen, wo das Zentralnervensystem selbst angelegt wird. Von dort können Nervenzellen zunächst auch noch in die Leibeshöhle abwandern, wo sie das vegetative Nervensystem aufbauen. Nach Abschluß der Entwicklung jedoch können sich die Nervenzellen weder vermehren noch können sie bei Ausfällen ersetzt werden. So ist die Zahl der Nervenzellen wenigstens beim Menschen und bei den Wirbeltieren artkonstant, ihre Lage allerdings ist gelegentlich geringen individuellen Variationen unterworfen, die zum Teil erbbedingt sein können.

## 2. Das Nervensystem der Einzeller und der wirbellosen Tiere

Lebewesen, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen, können natürlich keine zwischenzellige Arbeitsteilung entwickeln und haben daher kein Nervensystem. In dieser Hinsicht ist aber bemerkenswert, daß B. M. Klein bei hoch organisierten Einzellern, bei den Wimpertierchen oder Infusorien, wenigstens nervenartige Gebilde in der Zelle nachweisen konnte. Diese über die ganze Körperoberfläche ausgebreiteten linienförmigen Bildungen koordinieren den Wimperschlag zur Fortbewegung und leiten den Abschluß der Schleuderkapseln (Trichozysten). Da man sie mit Silber imprägnieren und auf solche Art sichtbar machen kann, werden sie „Silber-

linien“ genannt. Wenn sich zwei Tiere zum Kernaustausch vereinigen (Konjugation), werden die nervösen Gebilde so umgebaut, daß sich die beiden zum Teil innig miteinander verbundenen Individuen wie ein einziges fortbewegen und verteidigen können. Das gleiche geschieht bei der Teilung.

Die vielzelligen Wirbellosen haben aber schon sehr gut ausgebildete Nervensysteme. Sie sind gestaltlich wohl gut bekannt, weniger sind sie es in physiologischer Hinsicht. Allgemein läßt sich von diesen Nervensystemen sagen, daß sie stärker automatisiert und weniger stark zentralisiert sind als die der Wirbeltiere oder gar das System des Menschen.

Lediglich die zu den Nesseltieren zählenden, einfach organisierten Polypen

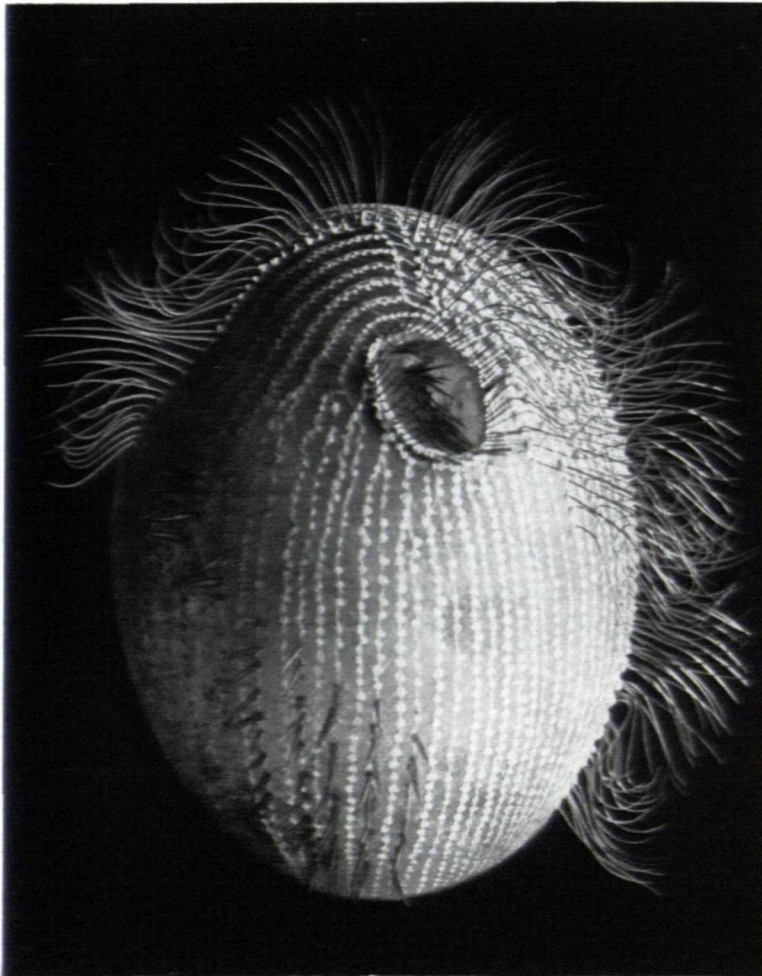


Abb. 1. Modell eines Wimper- oder Infusionstierchens von B. M. Klein, in 3000facher Vergrößerung.



und Medusen haben noch ein primitives, netzartig über den ganzen oberflächlichen Körper verteiltes Nervensystem, das sich bei den Medusen am Schirmrand verdichtet und mit den dort befindlichen Sinnesorganen in Verbindung tritt.

Schon bei den niederen Würmern kommt es am Nervensystem zu weitergehenden Konzentrationen, im Zusammenhang mit dem Auftreten mannigfacher Sinnesorgane zur Ausbildung von paarigen Gehirnganglien (Cerebralganglien) im Kopfabschnitt und von diesen aus den Körper durchziehenden zwei Längsnervenstämmen. Daneben ist noch ein oberflächlicher Hautnervenplexus vorhanden.

Die höheren Würmer (Ringelwürmer: Regenwurm, Blutegel) und die Gliederfüßer (Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer und Insekten) haben ein ober dem Schlund gelegenes, paariges Cerebralganglion (Oberschlundganglion), von dem zwei Längsnervenstränge den Schlund umgreifen (Schlundkonnective), zur Bauchseite ziehen und an dieser als Bauchmark nach hinten verlaufen. In jedem Körpersegment konzentrieren sich am Bauchmark die Ganglienzellen zu zwei Bauchganglien, die untereinander durch quer verlaufende Nerven, Kommissuren, verbunden werden. In diesem Fall spricht man von einem Strickleiternnervensystem.

Bereits das Gehirn der Gliederwürmer zeigt entsprechend dem Reichtum an Kopfanhängen und Sinnesorganen einen komplizierteren Bau. Bei den um vieles höher organisierten Gliederfüßern, vor allem bei den Insekten, die eine hohe Lebensstufe erreicht haben, erfährt es in enger Beziehung zur Lebensweise eine besondere Ausbildung seiner Sinnes- und Assoziationszentren.

Auch die Weichtiere besitzen ein im Kopfabschnitt, ober dem Darm, gelegenes paariges Cerebralganglion (im ursprünglichen Fall einen Cerebralstrang). Das Gehirn steht durch Nervenstränge mit mehreren paarig ausgebildeten Ganglien, die bestimmte Körperteile und Organe (Vordarm, Fuß, Mantel, Eingeweide) innervieren, in Verbindung, die zum Teil auch untereinander verbunden sind.

### 3. Das Zentralnervensystem der Wirbeltiere

Bei den Wirbeltieren übernimmt das Zentralnervensystem immer mehr die Aufgabe, dem durch das vegetative System innerlich vereinheitlichten Organismus die Orientierung und das zweckmäßige Wirken in der Umwelt zu ermöglichen. Zu diesem Zweck ist das Zentralnervensystem mit den Sinnesorganen des Lebewesens verbunden, das durch die artgemäße Verwertung der einlaufenden Sinneserregungen eine dauernde Kontrolle seiner Umgebung durchzuführen vermag. Da Sinnesorgane auch im Leibesinneren liegen, ist das Zentralnervensystem auch über die Stoffwechselvorgänge in jeder Phase ihres Ablaufes unterrichtet. Andererseits übt es einen leitenden, manchmal direkt beherrschenden Einfluß auf einzelne Teile des Körpers aus, indem es durch die sogenannte motorische Innervation bestimmte Körperteile zu erhöhten Leistungen zwingt. Diese richten sich nach der jeweiligen Gesamtsituation des Körpers und werden vom Zentralnervensystem so abgestuft, daß eine zweckentsprechende Zusammenarbeit als Reaktion erfolgt. Dazu kommen noch Einflüsse auf das Zellgewebe hinsichtlich Wachstum und Stoffwechsel. Das bedeutet, daß die Innervation der Körperorgane nicht nur von dynamischer, sondern im allgemeinen auch von formativer Bedeutung ist.

Die Wirbeltiere stehen, was den Aufbau der Zentralnervensysteme betrifft, uns Menschen am nächsten. Bei allen Wirbeltieren — und auch beim Menschen — ist die ursprüngliche Keimanlage die gleiche. Zunächst bildet sich am Rücken des Embryos eine Rinne, die sich zu einem Rohr schließt. Das Rohr wird von den Körperdecken überwachsen, dadurch von der Oberfläche verdrängt und in die Tiefe versenkt. Am Kopfende verdickt sich dieses Rohr. Durch zwei ringförmige Einschnürungen wird diese Verdickung in drei hintereinander liegende „Hirnbläschen“ geteilt, das vordere, mittlere und hintere primäre Hirnbläschen. Auch der nächste Schritt der Gehirnentwicklung ist noch prinzipiell gemeinsam, doch zeigen sich hier schon leichte, quantitative Unterschiede bei den einzelnen Wirbeltiergruppen.

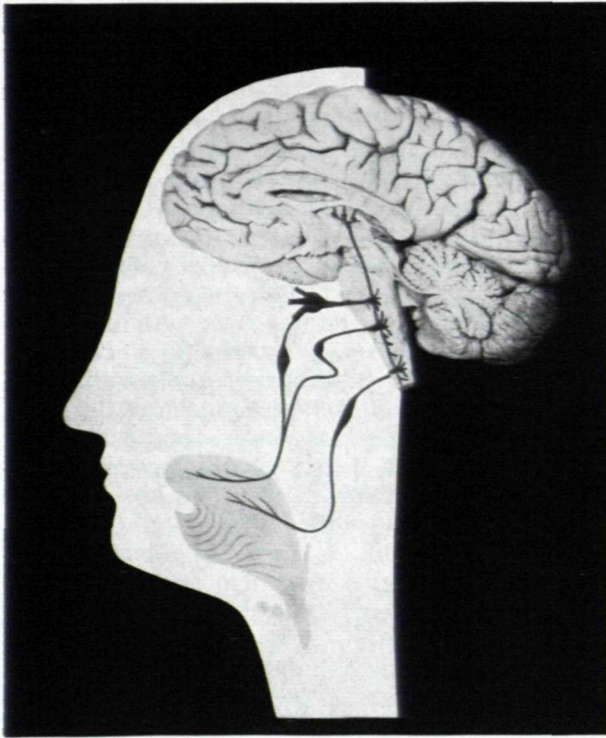


Abb. 2. Bezeichnung der Nervenbahnen des Geschmackssinnes beim Menschen. Von graphischer Darstellung übergehend auf das Gehirnpräparat.

pen. Aus dem vorderen Hirnbläschen entstehen Vorder- und Zwischenhirn, das mittlere Hirnbläschen liefert das Mittelhirn und das hintere Hirnbläschen das Rautenhirn, dessen Dach sich zum Kleinhirn umwandelt. Der Rest des Nervenrohres läßt das verlängerte Mark und das Rückenmark entstehen.

Nach der übrigens in neuerer Zeit bestrittenen Neuronlehre besteht das Zentralnervensystem des Menschen und der Wirbeltiere aus einer großen Zahl einzelner Neurone, die durch ihre verschiedenen Ausläufer untereinander in Verbindung stehen. Als *Neuron* wird jene biologische Einheit bezeichnet, die aus einer Nervenzelle (Ganglienzelle) und deren zuleitenden (Rezipienten, Dendriten) und ableitenden Fortsätzen (Emittenten, meist nur einer vorhanden: Neurit) besteht. Die Gestalt einer solchen Nervenzelle und ihrer Ausläufer ist je nach den Aufgaben, die sie zu erfüllen hat, verschieden. Wird ein Neuron aus irgendeinem Grund dauernd funktionsunfähig, so stirbt es ab und wird von dem umgebenden Stützgewebe aufgelöst.

Da die Neurone vielfach miteinander verbunden sind, ist der Funktionszustand eines Neurons nicht belanglos für die anderen, die durch ihre Ausläufer mit ihm in Verbindung stehen. Eine Erregungsänderung der einen Nervenzelle wird sich auf die angeschlossenen Nervenzellen in irgendeiner Weise auswirken. Man spricht darum von Reizleitung, Reizübertragung und Reizhemmung. Die Stellen, an denen die Ausläufer eines Neurons mit einem anderen Neuron in Verbindung treten, bezeichnet man als *Synapsen*.

Wie ungeheuer zahlreich und vielgestaltig die Nervenzellen sind, zeigen entsprechend stark vergrößerte, mikroskopische Schnittpräparate von der menschlichen Großhirnrinde. Sie sind übersät von verschieden geformten und verschieden großen Punkten, den mit Methylenblau sich färbenden Nervenzellen. Auch sind die Zellen schichtweise angeordnet, eine Eigentümlichkeit der Großhirnrinde, des Intelligenzorgans der Säugetiere und des Menschen, die am großen Gehirnmodell (Titelbild) durch den Maschendraht dargestellt ist.



Auch die Kleinhirnrinde enthält verschiedene Zellformen, ebenfalls in geschichteter Anordnung.

Wie funktionieren nun die Neurone? Wenn die Auslösung eines Reizzustandes in der zuständigen Nervenzelle erfolgt, etwa im Spinalnervenknoten, dann wird der Reiz sofort über das Rückenmark an andere Nervenstationen weitergegeben. Er läuft über Nervenbahnen ins Gehirn, geht aber auch als direkte Reflexbahn zur zuständigen motorischen Rückenmarkszelle, um bei Gefahr eine sofortige Sicherungsbewegung (Reflexbewegung) auszulösen. Im Zwischenhirn (Thalamus) angekommen, wird der sensible Reiz rezipiert, d. h. empfangen und verarbeitet. Das Ergebnis dieser Rezeption wird einerseits an die Großhirnrinde, andererseits an große motorische Nervenknotten weitergegeben, in denen teils angeborene, teils durch Übung erworbene Bewegungskombinationen vorbereitet sind. Hier wird nicht mehr wie im Rückenmark mit direkten Reflexen gearbeitet, sondern mit verarbeiteten komplexen Rezeptionen und kombiniertem Motus (E d i n g e r). Der rezipierte Reiz hat aber auch die Großhirnrinde erreicht und wird dort neuerlich verarbeitet und mit Erinnerungen verglichen. Man nennt diesen komplizierten Vorgang ganz allgemein „Erkennen“ oder „Gnosis“. Auf Grund dieses Erkennens wird nun die entsprechende zweckbedingte Handlung wieder in der Großhirnrinde entworfen („Praxie“) und deren Durchführung über bestimmte Bahnen eingeleitet.

Hier sei noch auf zwei wichtige Konsequenzen hingewiesen, die sich aus den Eigenschaften der Zentralnervensysteme in funktioneller Hinsicht ergeben. Gewiß erstreckt sich der Einfluß bei sehr primitivem Bau eines Zentralnervensystems zunächst nur auf die innervierten Körperzellen und bewirkt eine ständige artgemäße Wiederzeugung (Reproduktion) derselben. Die Krebszelle z. B. ist diesem Einfluß entglitten. Der Neuronenaufbau bei Neuronvermehrung aber bewirkt, daß viele Ganglienzellen direkt keinen Einfluß mehr auf die einzelne Körperzelle besitzen, sondern nur mehr andere Nervenzellen beeinflussen. Diese reproduktiven Fähigkeiten sind es aber, die auf höherer Leistungsebene dem Laien und dem Forscher als Erinne-

run g und Erinnerungsvermögen imponieren.

In analoger Weise führt der Aufbau aus einzelnen Neuronen, bei dem die Funktionsänderung des einen Neurons Funktionsänderungen in den angeschlossenen Neuronen „verursacht“, zu dem, was in unserer Gedankenwelt als Verbindung von Ursache und Wirkung (Kausalkon-nex) bezeichnet wird.

Die vergleichende Anatomie der Wirbeltiere zeigt, daß den verschiedenen Klassen dieser Tiere auch verschiedene Gehirntypen entsprechen. Auffallend ist — ähnlich den Gehirnen der Wirbellosen — die Mannigfaltigkeit in Größe und äußerer Form. Es ist ja leicht einzusehen, daß ein größeres Tier im allgemeinen auch ein größeres Gehirn braucht, um den größeren Körper zu innervieren und zu leiten. Diesbezügliche Untersuchungen haben ergeben, daß der Innervationsbedarf eines beliebigen Körperorgans ungefähr mit dem Quadrat seines Querschnittes in mathematischer Beziehung steht. Dadurch ändert sich natürlich auch die Größe und das Gewicht des betreffenden Wirbeltiergehirns. Das Hirngewicht eines Wirbeltieres steht also in einem gewissen Verhältnis zu seinem Körpergewicht.

Eingehende Untersuchungen haben gezeigt, daß für das Hirngewicht und die damit zusammenhängende Hirngröße nicht allein das Körpergewicht maßgebend ist, sondern auch die Organisationshöhe des Gehirns, d. h. sein Reichtum an Nervenzellen, denn eine Vermehrung der Nervenzellen bedingt wieder eine vielseitigere Reaktionsfähigkeit.

Organisationshöhe und Körpergröße sind also die beiden Variablen, von denen das Hirngewicht eines Wirbeltieres abhängt (Dubois). Werden in ein rechtwinkeliges Koordinatensystem auf die waagrechte x-Achse die Körpergewichte in Gramm eingetragen und auf die senkrechte y-Achse die Hirngewichte, ebenfalls in Gramm ausgedrückt, so ergibt sich für jedes Wirbeltier, das so vermessen wurde, ein bestimmter Punkt im Koordinatenfeld, der „Kephalisationspunkt“. Beim Studium solcher Zusammenstellungen hat sich nun ergeben, daß die Kephalisationspunkte nahe verwandter Wirbeltierarten auf oder mindestens nahe an Geraden liegen, die die



x-Achse in einem bestimmten Winkel schneiden, der etwa zwischen 30 und 36 Grad liegt (ca. tg 5/9). Weiters fiel auf, daß diese Geraden ungefähr parallel verlaufen und vielfach gleiche Abstände einhalten, denen rechnerisch eine Vermehrung des Gehirngewichtes auf das Doppelte entsprechen würde. Die untersten Linien sind von den Meßpunkten der Kaltblüter besetzt, während die oberen Linien die Meßpunkte der Warmblüter tragen und die höchste Linie den menschlichen Verhältnissen entspricht. Die Wissenschaft erklärt sich dieses Verhalten damit, daß es bei der Höherentwicklung der Wirbeltiere durch eine einzige zusätzliche Nervenzellteilung während des Embryonallebens stufenweise zu einer Verdoppelung der Nervenzellzahl gekommen ist.

Aber auch abgesehen von der jeweiligen Hirngröße ist ein gestaltlicher Unterschied zwischen den einzelnen Wirbeltiergehirnen auffallend. Die vergleichende Anatomie und Physiologie hat gezeigt, daß bei den verschiedenen Wirbeltieren die einzelnen Hauptteile des Gehirns verschieden stark entwickelt und auch in verschiedenem Ausmaß mit Nervenzellen besetzt sind und davon die Verhaltens- und Lebensweise der betreffenden Tierarten und ihrer individuellen Varianten abhängt. Ein Beispiel bildet dafür das Kleinhirn, das als motorischer Hilfsapparat bei guten Schwimmern und Fliegern stark entwickelt ist.

Bei Gehirnen von Wirbeltieren, die auf den Geruchssinn angewiesen sind, ist der Riechnerv oft verhältnismäßig groß, und der vorderste Teil des Gehirns, in dem er endet, ist auffallend stark ausgebildet. Aber auch sonst gibt es der Merkwürdigkeiten genug. Da ist bei den Fischen das Mittelhirn derart vergrößert, daß es das ganze Zwischenhirn verdeckt. Vor diesem auffallend großen Hirnteil liegt oberhalb der Riechformation ein kleinerer Hirnteil, der noch zum Zwischenhirn gehört: der Streifenhügel, ein motorischer Apparat. Dieser wird bei den Lurchen und Kriechtieren im Verhältnis zum Gesamthirn immer größer. Beim Vogelgehirn wird er zum mächtigsten Gehirnteil, der, nur von einer dünnen Großhirnrinde überzogen, jedem Beschauer als vorderster großer Hirnteil sofort auffällt. Die Bedeutung dieses vergrößerten Streifenhügels liegt in der Ermöglichung, auch am

Land und in der Luft der Schwerkraft zu begegnen.

Während also das Vogelgehirn im wesentlichen ein vergrößertes und, dank der größeren Anzahl verfügbarer Nervenzellen, verbessertes Reptiliengehirn ist, sind die Säugetiergehirne nach einer ganz anderen Richtung hin entwickelt. Bei den Säugern kommt es sozusagen von Anfang an weniger zu einer Vergrößerung des Streifenhügels und des Mittelhirns wie bei den Kriechtieren und Vögeln. Dafür aber werden andere Gehirnteile vergrößert und in ihrem inneren Aufbau vervollkommen. Schon bei den Knorpelfischen (Haie und Rochen), nicht aber bei den Knochenfischen, findet sich am oberen, schwanzwärts gelegenen Ende des Streifenhügels die Andeutung eines Hirnteiles, der bei den Lurchen schon beachtlich groß ist. Noch größer im Verhältnis zum übrigen Gehirn ist dieser Teil bei den Kriechtieren, während er bei den Vögeln als verhältnismäßig dünne Schicht den ganzen großen Streifenhügel überzieht. Bei den Säugetieren wird er zum mächtigen „Großhirnmantel“, der das ursprüngliche „Stammhirn“ wie ein Mantel einhüllt und mit fortschreitendem Ausbau bei den höheren Säugern auch über die Riechformationen und das Kleinhirn hinauswächst. Aber auch diese Vergrößerung ist nicht immer ausreichend gewesen, um die vielen Nervenzellen unterzubringen und ihre Verbindungen auszugestalten. Der Mantel mußte dann noch zur Oberflächenvergrößerung „gefältelt“ werden. Man kann daher die Säugetiere auch als Großhirnmanteltiere, die Vögel dagegen als Streifenhügeltiere bezeichnen.

Die Vergrößerung und die damit verbundene Leistungssteigerung des Großhirnmantels hat bei den Säugetieren natürlich auch entsprechende Umbauten, zum Teil sogar Reduzierungen, am altererbten Hirnstamm zur Folge gehabt. Während der Mittelteil des Kleinhirns, der sogenannte Wurm, alter Besitz der Wirbeltiere ist, werden bei den Säugern außerdem noch die Seitenteile, die Hemisphären, mit dem Wachstum des Großhirnmantels vergrößert. Eine Eigentümlichkeit des Säugetiergehirns ist auch die „Olive“ in der Gegend des Übergangs des Gehirns in das Rückenmark. Sie hat mit Steuerungsfunktionen gegen das Schwerefeld zu tun. Große Bedeutung erlangen bei



den Säugetieren auch noch die motorischen Bahnen aus dem Großhirnmantel. Anfänglich nur bis zum Hirnstamm und dem oberen Halsmark reichend, verlaufen diese Bahnen bei höherer Entwicklung durch das ganze Rückenmark, so daß Impulse des Großhirnmantels selbst die entferntesten Teile des Rückenmarks erreichen können.

Schon bei einem oberflächlichen Vergleich von Säugetiergehirnen fällt die verschiedene Bildung der Großhirnmäntel auf. Bei niederen Säugern ist ihre Oberfläche ganz glatt bis auf eine seitliche Einbuchtung, die sogenannte Sylvische Grube. Das ist aber auch nur bei den primitivsten Säugetieren so. Je leistungsfähiger bei höherer Entwicklung der Großhirnmantel werden soll, um so mehr Nervenzellen müssen in ihm untergebracht werden und um so mehr Platz muß auch für die Verbindungsfasern geschaffen werden. Diese Oberflächenvergrößerung wird durch die Fältelung der Großhirnrinde raumsparend erreicht. Man

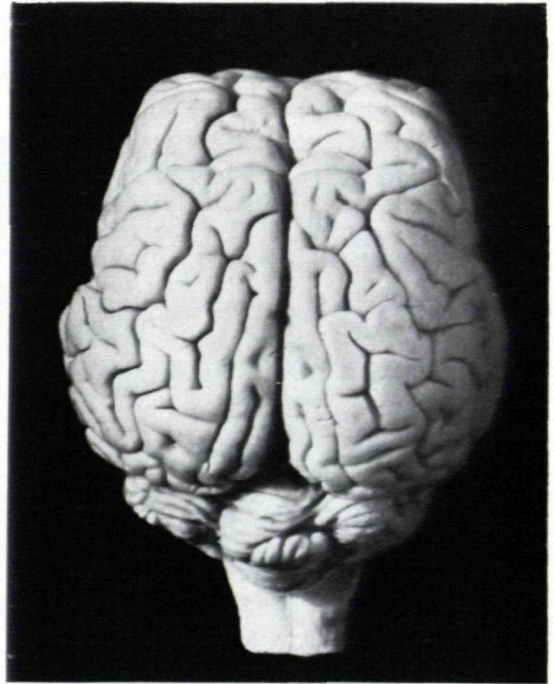


Abb. 4. Parallelfurchung beim Mähnschafgehirn (Pflanzenfressertyp).

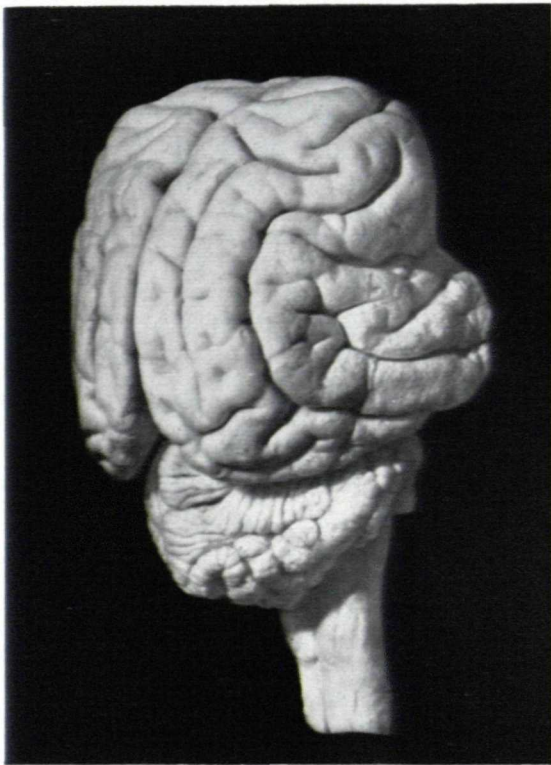


Abb. 3. Bogenfurchung beim Löwengehirn (Fleischfressertyp).

nennt die Erhebungen „Windungen“ und die dazwischenliegenden Täler „Furchen“. In bezug auf diese „Furchen“ wird man bei den Pflanzenfressern feststellen, daß Furchen und Windungen von vorne nach hinten angeordnet sind, während sie bei den Fleischfressern Bögen um die Sylvische Grube bilden. Funktionell gedacht ist der übliche Ausdruck „Fleischfressergehirn“ vielleicht nicht ganz richtig und besser durch „Raubtiergehirn“ zu ersetzen. Schwer zu erkennen ist die Bogen- oder Parallelfurchung bei den Seesäugetieren, weil das Furchenrelief in viele kleine Züge aufgelöst erscheint. Die Großhirnmäntel der Halbaffen, Affen und des Menschen zeigen den Bogenfurchentyp der Raubtiere.

Einen Maßstab für die Organisationshöhe eines Großhirnmantels fand 1926 E c c o n o m o:

$$\frac{\text{Volumen des Rindengraus} - \text{Volumen der Nervenzellen}}{\text{Volumen der Nervenzellen}}$$

Dieser „Grauzellkoeffizient“ ist mit 27 : 1 beim Menschen am höchsten. Je niedriger

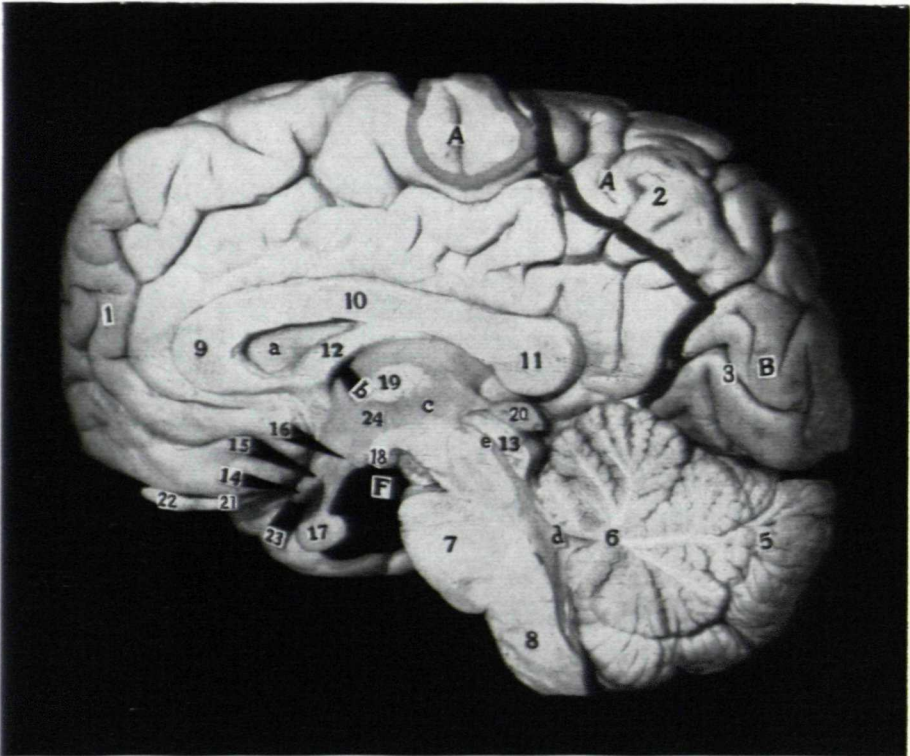


Abb. 5. Medianschnitt durch das Gehirn des Menschen.

1 Stirnlappen (Lobus frontalis). — 2 Scheitellappen (Lobus parietalis). — 3 Hinterhauptslappen (Lobus occipitalis). — 5 Kleinhirn (Cerebellum). — 6 Lebensbaum des Kleinhirns (Arbor vitae cerebelli). — 7 Varolsbrücke (Pons Varoli). — 8 Verlängertes Mark (Medulla oblongata). — 9 Balkenknie (Genu corporis callosi). — 10 Balken (Corpus callosum). — 11 Balkenknopf (Splenum corporis callosi). — 12 Gewölbe (Corpus fornicis). — 13 Vierhügelplatte (Lamina quadrigemina). — 14 Sehnerv (Nervus opticus). — 15 Sehnervengkreuzung (Chiasma opticum). — 16 Trichter (Infundibulum). — 17 Hirnanhang (Hypophysis cerebri). — 18 Markkugeln (Corpus mamillare). — 19 Zwischenmasse (Massa intermedia). — 20 Zirbeldrüse (Corpus pineale). — 21 Riechstrang (Tractus olfactorius). — 22 Riechkolben (Bulbus olfactorius). — 23 Vordere durchlöchernte Substanz (Substantia perforata). — 24 Thalamus-Kerngebiet (Thalamus).

a Einblick in den rechten Seitenventrikel nach Entfernung der Scheidewand. — b Monroisches Loch (Foramen interventriculare Monroi). — c Dritter Ventrikel (Ventriculus tertius). — d Vierter Ventrikel (Ventriculus quartus). — e Sylvische Wasserleitung (Aquaeductus Sylvii).

A (links) ein Teil der motorischen Zentren, dient zur willkürlichen Fußbewegung.

A (rechts) Körperfühlsphäre; B Sehzentrum; F Geruchszentrum.



die Wirbeltierspezies ist, desto mehr nimmt das Rindengrau zugunsten der Nervenzellen ab. Diese Zellen sitzen dichter aufeinander, für Verbindungsfasern bleibt wenig Raum, die Rinde ist stärker automatisiert und kann weniger kombinatorisch arbeiten.

#### 4. Das Gehirn des Menschen

Im allgemeinen entspricht das menschliche Gehirn einem Säugetiergehirn vom Raubtier-Bogenfurchentyp der Fleischfresser, doch ist es durch den den Säugern überlegenen Nervenzellreichtum und die dadurch ermöglichte starke Vergrößerung des Großhirnmantels charakterisiert. Dieser Mantel ist mit seinen rund 14 Milliarden Ganglienzellen das eigentliche Intelligenzorgan des Menschen. Um eine so ungeheure Zahl von Ganglienzellen unterbringen zu können und auch Platz für ihre Verbindungsfasern zu schaffen, mußte die Manteloberfläche zu ihrer Vergrößerung in Falten gelegt werden. Außerdem sind unterhalb der äußeren zellführenden Schicht Räume für Verbindungsfasern frei zu halten, die zwischen der erwähnten Schicht, dem Rindengrau, und dem alten ererbten Hirnstamm verlaufen. Dieses Rindengrau, aus vielen mikroskopisch different gebauten Feldern zusammengesetzt, ist Feld für Feld mit dem Hirnstamm bis auf verschwindende Ausnahmen doppelläufig verbunden. Entwicklungsgeschichtlich am ältesten ist vom Großhirnmantel der mit dem Geruchssinn und seiner Auswertung befaßte Teil. Dadurch aber, daß dieser beim Menschen im Verhältnis zum übrigen Großhirnmantel wenig weiterentwickelt wurde, sind die Geruchsfelder (Riechkolben und Seepferdfußregion) an die Basis des menschlichen Gehirns abgedrängt worden.

Nur in einem kleinen Bereich an der Unterseite des menschlichen Gehirns ist hinter der Sehnervenkreuzung ein Stück des alten Hirnstammes sichtbar: Der Boden des Zwischenhirns mit Markkügelchen, Trichter und Teilen der subthalamischen Region. Die übrigen Hirnstammteile liegen im Inneren des Gehirns und sind nur auf Gehirnschnitten als auffallende graue Massen zu sehen. Es sind dies der Schweifkern in der Stirnregion, der Linsenkern und der Thalamus. Mächtige Fasersysteme, als Hirnschenkel an der Unterseite sichtbar, treten in das Mittelhirn

über. Bemerkenswert sind in dieser Region oben die Vierhügelplatte und die Zirbeldrüse und unten die Varolsbrücke, ein Umschlagplatz für die aus der Großhirnrinde kommenden Erregungen, die das Kleinhirn erreichen sollen. Dessen mittlerer Teil, der Wurm, ist alter Besitz der Wirbeltiere, die Seitenteile wachsen genau so wie die Brückenbreite mit dem Ausbau der Großhirnrinde. Der Rest des Hirnstammes, das Rautenhirn und das Nachhirn, geht in das Rückenmark über.

Um ein im Verhältnis zur Körpergröße entsprechend dimensioniertes und hoch organisiertes Gehirn zu entwickeln und unterzubringen, war die Schaffung einer entsprechenden *Schädelkapsel* notwendig. Bei den vierfüßigen Säugetieren wird die Vergrößerung der Schädelkapsel dadurch erschwert, daß der Schädel in der Verlängerung der Halswirbelsäule liegt und infolgedessen eine starke Nackenmuskulatur und ebensolche Nackenbänder braucht, die alle an der hinteren Schädelkapsel ansetzen und dort einen kräftigen Längszug auf den Schädel ausüben, was einer Ausweitung der Schädelkapsel zur annähernden Kugelform zuwiderläuft. Auch hindert der Ansatz der starken Kaumuskulatur an der Schädelkapsel die Aufrichtung des Stirnbeins. Infolge des aufrechten Ganges beim Menschen balanciert der Schädel auf der Wirbelsäule und bedarf daher keiner so kräftigen Nackenmuskulatur und Nackenbänder. Auch ist der Unterkiefer schwächer und die Kaumuskulatur vermindert, was einerseits für die Aufrichtung des Stirnbeins und die damit parallel laufende Entwicklung eines großen Stirnhirns von Vorteil gewesen ist, andererseits die Beweglichkeit der Sprachwerkzeuge gefördert hat.

Man spricht im täglichen Leben oft von den *fünf Sinnen* und verwendet diesen Ausdruck in Redensarten, ohne viel über seine Bedeutung nachzudenken. Physiologisch ist nun tatsächlich die Arbeit des menschlichen Gehirns von den mit ihm durch Nervenbahnen verbundenen Sinnesorganen abhängig. In der Regel sind vier Neurone notwendig, um eine solche sensible Nervenbahn aufzubauen. Ihnen entsprechen auch ebenso viele Synapsen, von denen man annimmt, daß sie eine Umformung des ursprünglichen Reizes bewirken. Die sensiblen Nervenbahnen laufen alle über



den Thalamus oder über Gebilde, die entwicklungsgeschichtlich als Teile des Thalamus zu betrachten sind. Sie werden schließlich untereinander und mit weiteren sensiblen Erregungen funktionell in Verbindung gesetzt, so daß komplexe Leistungen entstehen. So gehört z. B. zum „Greifraum“ alles, was mit eigener Muskelkraft abgetastet oder abgeschritten werden kann. Der Mond gehört aber zum „Sehraum“, weil man ihn nur vom Sehen aus kennt. Das Sehen und Hören formt den „äußeren Raum“ des Individuums, das Riechen, Tasten und Schmecken den „inneren Raum“.

Eine besondere Bedeutung kommt der Hirnanhangdrüse (Hypophyse) zu. Diese bläschenförmige, aus drei Teilen verschiedener Herkunft bestehende Drüse, die sich bei den Wirbeltieren und beim Menschen einem Fortsatz (Infundibulum) des Zwischenhirns (Diencephalon) anlegt, arbeitet eng mit den anschließenden Gehirnteilen zusammen.

Sie liefert aber auch verschiedene Stoffe (Hormone), die an das Blut abgegeben und durch dieses im Körper verbreitet werden (innere Sekretion) und die mancherlei Körperfunktion regeln, wie Wachstumsförderung, Blutkreislauf, Atmung, Stoffwechsel, Körpertemperatur u. a. m.

## 5. Schlußwort

Nervensysteme sind eine weit verbreitete Einrichtung in der Tierwelt. Vermöge der geschilderten Eigenschaften sind sie biologisch von grundlegender Bedeutung, vor allem als Vermittler einer koordinierten Zusammenarbeit der verschiedenartigen Gewebelemente und Organe des Körpers. Als Zentralnervensystem bestimmen sie auch die Verhaltensweisen des Tieres gegenüber seiner Umwelt. Damit sind den Gehirnen auch wichtige Funktionen übertragen im Hinblick auf die Erhaltung der Art in Gegenwart und Zukunft.

Vom Aufbau und von der Leistungsfähigkeit des Zentralnervensystems hängt auch die Fähigkeit ab, über das Geschlechtliche hinaus interindividuelle Bindungen einzugehen, wie sie unter den höchstorganisierten Wirbellosen, den Insekten, wie Bienen, Wes-

pen, Ameisen und Termiten, als Staatenbildung in Erscheinung treten. Es ist dies allerdings nichts anderes als eine besonders hoch entwickelte Art, die Brut zu schützen und sicher mit Nahrung zu versorgen, wobei schließlich alle Nachkommen eines Elternpaares als Riesenfamilie in einem Bau leben.

Festgefügte Instinkte regeln die Arbeitseinteilung in diesen Staaten. Bei den Honigbienen treten noch höhere Verhaltensformen hinzu, etwa in Gestalt einer Richtungseinstellung nach gedächtnismäßig festgehaltenen Eindrücken, eines Mitteilungsvermögens und eines Zeitsinnes. In diesen Staaten findet sich eine gesellschaftliche Kastendifferenzierung zwischen den Geschlechts- und Arbeitstieren, von denen die letzteren ein bedeutend stärker entwickeltes Gehirn besitzen.

„Staaten“ solcher Art, die biologisch nicht zuletzt auf der oft unheimlich großen Vermehrungsgeschwindigkeit der Insekten beruhen, gibt es unter den Wirbeltieren nicht, selbst wenn man den Menschen an ihre Spitze stellen wollte. Dabei würde das uralte Streben des Menschen nach einer idealen Gemeinschaft, die die Einheit des Ganzen mit der Selbständigkeit der Glieder verbindet, im Hinblick auf die mechanisierte Sklaverei in den Insektenstaaten nur in eine sehr ominöse Parallele gebracht werden. Dazu ist es ja überhaupt fraglich, ob der Mensch nach einer heute schon ziemlich überalterten linearen Entwicklungsvorstellung „an der Spitze“ der Wirbeltiere steht. Seiner körperlichen Leistungsfähigkeit nach verdient er diesen Platz sicherlich nicht. Was aber seine geistige Leistungsfähigkeit betrifft, so ist der Mensch durch eine kaum überbrückbare Kluft von den Wirbeltieren getrennt. Vermag doch nur der Mensch seine Umgebung sinnvoll zu erfassen und in ihr mit zweckmäßig geformten Werkzeugen Leistungen zu vollbringen, die ihm eine rasche und weitgehende Anpassung an die verschiedensten Umweltbedingungen erlaubt. Er vermochte dies schon zu jener Zeit, als er zuerst in die Erdgeschichte eintrat. Da aber solche „Verhaltensweisen“ auch den höchstorganisierten Wirbeltieren vollkommen fremd sind, erscheint eine Sonderstellung des Menschen in der belebten Natur durchaus begründbar.



## Anhang

### Alphabetisches Verzeichnis von Fachausdrücken mit kurzer Erklärung

- Abdomen:** der auf die Brustregion folgende Körperabschnitt.
- Amphibien:** siehe Lurche.
- Assoziation:** unwillkürliche Verknüpfung von Empfindungen und Vorstellungen im Bewußtsein.
- Assoziationszentrum:** Bezirke der Großhirnrinde, in denen verschiedenartige Sinneseindrücke zu höheren Einheiten zusammengefaßt werden (nach Flechsig).
- autonomes Nervensystem:** Gesamtheit aller Nerven, welche unwillkürlich tätige Organe innervieren (Herz, Darm usw.).
- Cerebralganglion:** die das Gehirn vertretenden Ganglien bei Würmern, Weichtieren und Glieder tieren.
- corticotrop:** auf die Hirnrinde wirkend.
- Dendriten:** verästelte Protoplasmafortsätze der Ganglien, dienen der Zu- und Ableitung von Nervenreizen.
- Diencephalon:** Zwischenhirn.
- diffus:** verteilt, zerstreut.
- dynamisch:** auf Kräfte und Bewegung bezüglich.
- Economio:** Gehirnforscher, geb. 1876 in Rumänien, gest. 1931 in Wien.
- Emittente:** ableitender Fortsatz der Neurone.
- Episphaerium:** kleine Anzahl von Ganglienzellen, die sich aus dem Epistriatum bildet und dieses später überlagert.
- Epistriatum:** Gesamtheit der Kerne im Vorderhirn.
- Ganglienzelle:** Nervenzelle.
- Ganglion:** Nervenknoten.
- Gliazelle:** Stützsubstanz des Zentralnervensystems.
- Gnosis:** der geistige Vorgang des Erkennens.
- gonadotrop:** auf die Keimdrüsen einwirkend.
- Grauzellkoeffizient:** Maßstab für die Organisationshöhe eines Großhirnmantels.
- Hemisphären:** die beiden Hälften des Großhirns bzw. Kleinhirns.
- Hirnanhangdrüse:** siehe Hypophyse.
- Hormone:** Wirkstoffe, die durch die innere Sekretion in die Blutbahn gelangen und spezifische Wirkungen verschiedener Art auslösen.
- Hypophyse:** Anhangsorgan des Großhirns, aus drei Lappen bestehend.
- Infundibulum:** Trichter, trichterförmige Vertiefung.
- Infusionstierchen:** „Aufgußtierchen“, Sammelname für mehrere Einzellerklassen.
- Inkret:** siehe Hormon.
- innere Sekretion:** Abgabe von Drüsenprodukten in die Blutbahn.
- Innervation:** Versorgung eines Körperteils oder eines Organs mit Nerven.
- Kausalkonnex:** gedankliche Verbindung von Ursache und Wirkung.
- Kommissur:** Nervenfaserverstränge, die im Zentralnervensystem einzelne Teile miteinander verbinden.
- Konjugation:** vorübergehende Vereinigung einzelliger Organismen zwecks Kernaustausch.
- Konnektiv:** Längsnervenstränge, die verschiedenartige Ganglien miteinander verbinden.
- Kriechtiere:** Reptilien, mit den Ordnungen der Brückenechsen, Eidechsen, Schlangen, Krokodile, Schildkröten.
- Lurche:** Amphibien, mit den Ordnungen der Schwanzlurche, Froschlurche und Blindwühlen.
- Mesencephalon:** Mittelhirn.
- Methylenblau:** basischer Farbstoff zur Färbung histologischer Präparate.
- motorische Innervation:** Innervation von Organen zur Übertragung von Bewegungsimpulsen.
- Nesseltiere:** Stamm zweischichtiger, einfacher Vielzeller, die mit Nesselkapseln ausgestattet sind.
- Nervenplexus:** netzartige Vereinigung von Nerven.
- Neuron:** Nervenzelle mit ihren zugehörigen Dendriten und Neuriten.

- Oberschlundganglion:** über dem Schlund gelegenes Ganglienpaar bei Würmern, Weichtieren und Gliederfüßern.
- Olive:** an der Lateralseite des verlängerten Marks gelegene Verdickung mit grauer Substanz bei Säugetieren und Mensch.
- organisch:** zu den Organen oder Organismen gehörig.
- Organismus:** selbständiges Lebewesen mit Teilen (Organen), die in funktioneller Hinsicht aufeinander abgestimmt sind.
- Pituitrin:** Stoff des Hypophysenhinterlappens.
- Primates:** oberste Ordnung der Säugetiere, „Herrentiere“, Altwelt- und Neuweltaffen.
- Protoplasma:** die lebende Substanz des Zellkörpers bei Pflanze und Tier.
- Purkinje-Zelle:** multipolare Ganglienzelle in der mittleren Schicht der Kleinhirnrinde.
- Praxie:** Entwerfen der zweckbedingten Handlung in der Großhirnrinde.
- Rautenhirn:** Zusammenfassung von Hinter- und Nachhirn.
- Reptilien:** siehe Kriechtiere.
- Rezipient:** zuleitender Fortsatz eines Neurons.
- rezipieren:** empfangen.
- Riechkolben:** Ausbuchtungen des Vorderhirns, von denen die Fasern der Riechnerven ausgehen.
- Rindengrau:** graue Substanz der Hirnrinde.
- Schlundkonnektiv:** ein vom Gehirn ausgehender Nervenring, der bei Würmern und Gliederfüßern die Verbindung zum Bauchmark darstellt.
- Schweifkern:** graue Hirnmasse am Boden und an der Wand des Seitenventrikels.
- Spinalnervenknoten:** Nervenknotten des Rückenmarks.
- Streifenhügel:** motorische Nervenkerne höherer Ordnung.
- Striatum:** siehe Streifenhügel.
- subthalamische Region:** unter dem Thalamus gelegener Teil des Gehirns.
- Sylvische Grube:** tiefe Spalte zwischen dem Schläfen- und Stirnlappen des Großhirns.
- Synapse:** Verbindungsstelle zwischen zwei Nerven.
- Thalamus:** Teil des Zwischenhirns, der aus grauer und weißer Substanz besteht.
- Trichozysten:** Nesselzellen der Wimpertierchen.
- Varolsbrücke:** Querwulst an der Hirnbasis zwischen verlängertem Mark und unterer Seite des Mittelhirns.
- vegetatives Nervensystem:** siehe autonomes Nervensystem.
- Vierhügelplatte:** das durch zwei aufeinander senkrecht stehende Furchen in vier Erhebungen geteilte Mittelhirndach.
- willkürliche Motorik:** die dem Willen unterworfenen Bewegungen.
- Wurm:** der entwicklungsgeschichtlich älteste Teil des Kleinhirns.
- Zirbeldrüse:** ein aus der Decke des Zwischenhirns entstandenes Gebilde im Gehirn der Wirbeltiere und des Menschen.
-



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen aus dem \(des\) Naturhistorischen Museum\(s\)](#)

Jahr/Year: 1960

Band/Volume: [NF\\_002](#)

Autor(en)/Author(s): Exner Robert

Artikel/Article: [Das Gehirn bei Mensch und Tier. 1-12](#)