

Biologie

Neurobiologie

ABITUR **MEHR**  
ERFAHREN



**STARK**

# Inhalt

Vorwort

<b>Sinne</b>	<b>1</b>
<hr/>	
<b>1 Reiz-Reaktions-Ketten</b>	<b>2</b>
<b>2 Sinne und Sinneszellen</b>	<b>4</b>
<b>3 Einteilung von Sinneszellen</b>	<b>6</b>
<b>4 Chemische Sinne</b>	<b>8</b>
4.1 Der Geruchssinn – ein Fernsinn	8
4.2 Der Geschmackssinn – ein Nahsinn	8
<b>5 Mechanische Sinne</b>	<b>9</b>
5.1 Der Tastsinn	9
5.2 Der Gleichgewichtssinn von Wirbellosen	10
5.3 Der Schweresinn – ein Lagesinn	10
5.4 Der Drehsinn – ein Bewegungssinn	12
5.5 Die Mehrsinnes-Orientierung	12
5.6 Der Gehörsinn	13
<b>6 Lichtsinne</b>	<b>17</b>
6.1 Einfache Lichtsinnesorgane	17
6.2 Das Linsenauge – unterschiedliche Bautypen	18
<b>7 Lichtsinn des Menschen – ein Modell im Vergleich</b>	<b>22</b>
7.1 Bau des menschlichen Auges	22
7.2 Der Sehvorgang im menschlichen Auge	25
7.3 Leistungen des menschlichen Auges	27
<b>Zusammenfassung</b>	<b>35</b>
<b>Neuronen, Synapsen und Gedächtnis</b>	<b>37</b>
<hr/>	
<b>1 Neuronen – die Grundbausteine des Nervensystems</b>	<b>38</b>
1.1 Die Bauformen von Neuronen	38
1.2 Die Funktionsweise von Neuronen	39
1.3 Marklose und markhaltige Nervenfasern	40
1.4 Die Nerven	41
<b>2 Bau und Funktion der Biomembran</b>	<b>42</b>

*Fortsetzung siehe nächste Seite*

<b>3</b>	<b>Membranpotenziale</b>	<b>43</b>
3.1	Methoden der Spannungsmessung	43
3.2	Ruhepotenzial – Entstehung und Aufrechterhaltung	44
3.3	Das Rezeptorpotenzial	48
3.4	Das Generatorpotenzial	48
<b>4</b>	<b>Erregungsleitung am Axon</b>	<b>49</b>
4.1	Verlauf eines Aktionspotenzials	49
4.2	Erklärung eines Aktionspotenzials	51
4.3	Entstehung und Weiterleitung von Aktionspotenzialen am Axon	52
4.4	Die Codierung der Erregung	55
4.5	Effizientere Nervenfasern	55
<b>5</b>	<b>Erregungsleitung an Synapsen</b>	<b>57</b>
5.1	Bau von Synapsen	57
5.2	Chemische Synapsen	59
5.3	Codierung und Codewechsel an Synapsen	62
5.4	Funktionen von Synapsen	63
5.5	Störungen der Synapsenfunktion	66
<b>6</b>	<b>Bau und Funktion der Muskulatur</b>	<b>70</b>
6.1	Der Bau der Muskeln	70
6.2	Die Funktion der quergestreiften Muskelfasern	72
<b>7</b>	<b>Gedächtnis und Gedächtnismodelle</b>	<b>74</b>
7.1	Das Drei-Stufen-Modell	74
7.2	Synapsen – Basis für Lernen und Gedächtnis	75
7.3	Lernen und Gedächtnis	78
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>79</b>

---

## **Nervensysteme** **81**

<b>1</b>	<b>Evolutionsprinzipien</b>	<b>82</b>
1.1	Nervennetze oder diffuse Nervensysteme	82
1.2	Das Strickleiternnervensystem	83
1.3	Das Zentralnervensystem der Wirbeltiere	84
<b>2</b>	<b>Das Rückenmark – ein Teil des Zentralnervensystems</b>	<b>87</b>
2.1	Der Aufbau des Rückenmarkes	87
2.2	Automatismen und Reflexe	89
<b>3</b>	<b>Das menschliche Gehirn</b>	<b>93</b>
3.1	Die fünf Teile des Gehirnes	93
3.2	Unser Großhirn wird erforscht	96
3.3	Sensorische Felder – Entstehung der Wahrnehmung	98
3.4	Motorische Felder – Steuerung der Bewegung	99
3.5	Assoziative Felder – die „ungenutzten Flächen“	100

<b>4</b>	<b>Vegetatives Nervensystem</b>	<b>101</b>
4.1	Der Parasympathikus	104
4.2	Der Sympathikus	104
4.4	Das Nebennierenmark	105
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>106</b>

---

<b>Hormonsysteme</b>	<b>107</b>
----------------------	------------

<b>1</b>	<b>Die Hormone</b>	<b>108</b>
1.1	Methoden der Hormonforschung	110
1.2	Aufbau und Wirkungsweise von Hormonen	111
<b>2</b>	<b>Überblick über Hormonsysteme</b>	<b>115</b>
2.1	Hormone bei Wirbellosen	115
2.2	Hormonsystem des Menschen	116
<b>3</b>	<b>Hormonelle Regulation</b>	<b>119</b>
3.1	Steuerung und Regulation	119
3.2	Regelung wichtiger Hormondrüsen	122
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>138</b>

---

<b>Bewegungen und Hormone bei Pflanzen</b>	<b>139</b>
--	------------

<b>1</b>	<b>Bewegungen bei Pflanzen</b>	<b>140</b>
1.1	Taxien – gerichtete und aktive Fortbewegungen	140
1.2	Tropismen – Wachstums-Bewegungen	141
1.3	Nastien – ungerichtete Bewegungen	142
<b>2</b>	<b>Die Pflanzenhormone</b>	<b>143</b>
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>145</b>

Stichwortverzeichnis	147
----------------------	-----

Abbildungsverzeichnis	150
-----------------------	-----

**Autor:** Dr. Thomas Kappel



# Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

noch steht die neurobiologische **Forschung ganz am Anfang**. Die ersten Erkenntnisse der **Neurobiologie** kommen jedoch bereits in den Bereichen Lernpsychologie, Schuldidaktik, Pharmakologie und Medizin zur praktischen Anwendung. Die erfolgreiche Zusammenarbeit von Informatikern und Biologen eröffnet die **Zukunftsvision** einer kommenden „Neuro-Technologie“.

Die Neurobiologie beschäftigt sich mit der **Aufnahme, Weiterleitung und Verarbeitung** von Informationen. Das Bild der Welt wird durch Sinnesorgane bestimmt, die Körperfunktionen werden im Zusammenspiel von Nerven- und Hormonsystem geregelt und Netze aus Nervenzellen bilden die materielle Grundlage für Lernen und Gedächtnis – machen uns zum denkenden Menschen.

Dieses Buch wird Ihnen helfen, sich auf den kommenden Unterricht und die bevorstehenden Prüfungen vorzubereiten:

Eine klare Gliederung und aussagekräftige Überschriften geben Ihnen den **unverzichtbaren Überblick** über die komplexen Inhalte. Die einfache Formulierung des Textes sowie zahlreiche Abbildungen und Tabellen sollen die **Motivation** wecken und erhalten, das **Verständnis** fördern, die Zusammenhänge klären und schließlich **Faktenwissen** kompakt bereitstellen. Das umfangreiche Stichwortverzeichnis und die Randspalte helfen bei der Auffindung und Erklärung der verwendeten **Fachbegriffe**.

Ich wünsche Ihnen unterhaltsame und lehrreiche Lese- und Lernstunden – und vor allem eine erfolgreiche Prüfung!



Dr. Thomas Kappel



### 1.3 Das Zentralnervensystem der Wirbeltiere

Die Embryonen aller Wirbeltiere (Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel, Säuger) besitzen in frühen Entwicklungsstadien auf ihrer Rückenseite das so genannte Neuralrohr. Dieses flüssigkeitsgefüllte Rohr erweitert sich im Zuge der Emryonalentwicklung zum späteren **Zentralnervensystem** (Abb. 48).

Der **Liquor** ist eine klare, farblose Flüssigkeit in den freien Räumen im Inneren des Gehirns und des Rückenmarks. Diese Flüssigkeit dient als Stütze und Schutzhülle.

Die **Hypophyse** ist die Hirnanhangsdrüse.  
→ siehe dazu S. 117 f.

Alle vom Rückenmark ausgehenden Nerven werden als **Spinalnerven** bezeichnet.

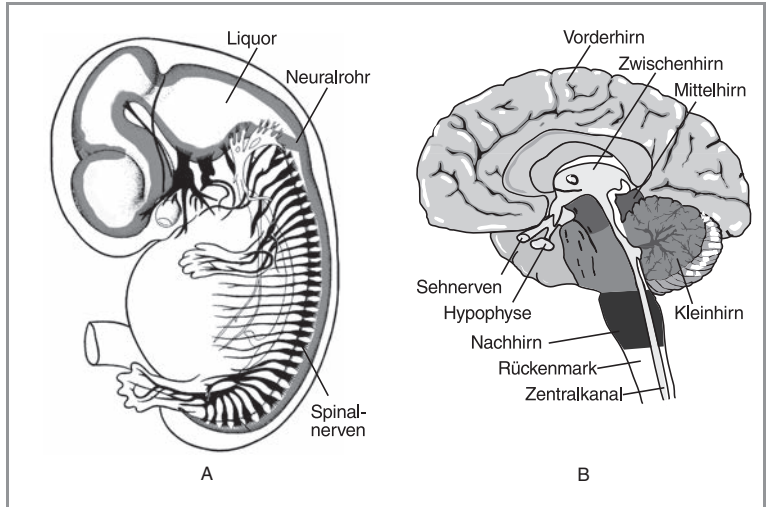


Abb. 48: Entwicklung des Zentralnervensystems beim Menschen: (A) bei einem 2 Monate alten Säugling, (B) bei einem erwachsenen Menschen.

Das **Zentralnervensystem** (ZNS) besteht aus dem Rückenmark und dem Gehirn.

Das **periphere** Nervensystem (PNS) besteht aus afferenten und efferenten Neuronen. Von Sinneszellen ziehen afferente (= sensible oder sensorische) Fasern zum Gehirn. Vom Gehirn ziehen die efferenten (= motorischen) Fasern zum Erfolgsorgan.

Die Zellkörper der afferenten Neurone liegen in Spinalganglien. Die Zellkörper der Efferenzen liegen im Zentralnervensystem oder in Ganglien in der Nähe der Organe.

Beim Menschen enthält das periphere Nervensystem (PNS) nur 1% aller Neurone. Kein anderes Lebewesen besitzt eine vergleichbare Zentralisierung des Nervensystems.



Wirbelsäule, Schädelknochen und **3 Schichten von Hirnhäuten**, nämlich die harte, äußere und die spinnwebig, fasrige sowie die weiche, innere Hirnhaut (Abb. 49) schützen die empfindlichen Strukturen des ZNS während Wachstum und Ausdifferenzierung. Die Rückenmarksflüssigkeit (**Liquor**) umspült das gesamte ZNS und dient wie ein Stoß- und Schlagdämpfer als weiches Lager, als Isolationschicht sowie der Versorgung von Hilfszellen und Neuronen mit Sauerstoff, Ionen und Wasser. Die Blutgefäße im Gehirn besitzen besonders dichte Zell-

Die Gliazellen des ZNS bilden einen Zellverband mit einer Trennungsfunktion zwischen „innen“ und „außen“. Die großflächigen Barrieren trennen Räume mit unterschiedlicher Zusammensetzung ab, so etwa den Extrazellulärraum vom Liquor des Gehirns (**Blut-Liquor-Schranke**) oder den Extrazellulärraum vom ZNS (**Blut-Hirn-Schranke**).

auskleidungen und garantieren so eine dichte Blut-Hirn-Schranke bzw. Blut-Liquor-Schranke. Nur wenige Stoffe sollen, streng kontrolliert, diese Barriere ins Gehirn passieren. Kleine fettlösliche Moleküle z. B. Alkohol und andere Drogen umgehen diese Kontrolle.

Betrachtet man die Gehirnentwicklung der Wirbeltiere, so ist neben den allgemeinen Evolutionsprinzipien „zunehmende Größe, Zentralisation und Differenzierung“ eine allmählicher Bedeutungswandel zu erkennen: Das Vorderhirn der Fische ist ein Organ, das praktisch ausschließlich der Wahrnehmung von Geruchs- bzw. Geschmacksstoffen dient. Aus ihm entwickelte sich das übergeordnete Steuer- und Denkorgan – das Großhirn der Säugetiere (Abb. 50).

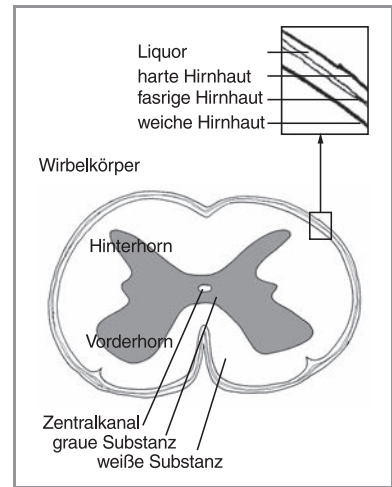


Abb. 49: Querschnitt durch Wirbelsäule und Rückenmark.

Das Gehirn von Wirbeltieren besteht aus Vorder-, Zwischen-, Mittel-, Klein- und Nachhirn.

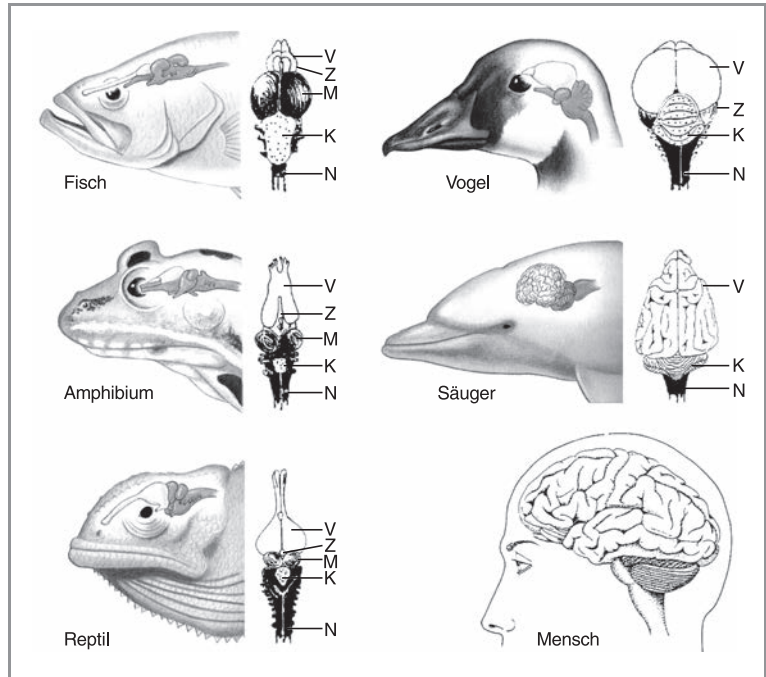


Abb. 50: Vergleich der Gehirne der fünf Wirbeltierklassen: (V) Vorderhirn, (Z) Zwischenhirn, (M) Mittelhirn, (K) Kleinhirn, (N) Nachhirn.

Vergleicht man die Kleinhirne der verschiedenen Wirbeltierklassen, so fällt die starke Ausprägung bei Fischen und Vögeln auf (Abb. 50). Das Kleinhirn dient der Koordination von Bewegungen und verarbeitet Gleichgewichtsinformationen. Schnelligkeit und Bewegung in drei Raumdimensionen selektionierte ein gut ausgebildetes Kleinhirn. Bei den trägeren Lurchen und Kriechtieren fällt das Kleinhirn unauffälliger aus.

**Selektion:** Auslese im Sinne einer natürlichen Zuchtwahl.

Die Fältelung von Hirnrinden vergrößert deren Oberflächen und schafft Platz für mehr Neuronen. So ist z. B. die Kleinhirnrinde von Vögeln und Säugern stark gefaltet. Besonders auffällig ist eine solche Oberflächenvergrößerung bei der Rinde des menschlichen Vorder- oder Großhirns.

## 2 Das Rückenmark – ein Teil des Zentralnervensystems

### 2.1 Der Aufbau des Rückenmarkes

In der knöchernen Wirbelsäule, geborgen im Wirbelkanal, liegt das Rückenmark. Mit einer Länge von ca. 40 cm und einem Durchmesser von ca. 2 cm bildet es die wichtigste Verbindung zwischen Körper und Gehirn. Über die gesamte Länge ist das Rückenmark von einem zentralen Kanal durchzogen. Dieser zentrale Kanal ist ein Überrest des Neuralrohrhohlraumes. Um ihn scharen sich Millionen von Nervenzellkörpern. Sie bilden die graue Substanz, deren Umrisse im Rückenmarksquerschnitt an einen Schmetterling erinnern (Abb. 49). Die weiße Substanz besteht überwiegend aus markhaltigen Axonen mit ihren typischen hellen Myelinhüllen.

**Spinalnerven** treten zwischen den Wirbeln aus dem Rückenmark aus, beim Menschen sind es 31 Paare. Die vordere und hintere Wurzel eines Spinalnervs bilden kurz einen gemeinsamen gemischten oder antiparallelen Nerv, der sich wieder in Teilnerven, genauer in afferente und efferente Fasern aufzweigt (Abb. 51).

Die afferenten Fasern ziehen vom Körper ins Zentralnervensystem. Sie kommen z. B. von Sinneszellen in der Fußhaut oder in Muskelspindeln und durchziehen von der Rückenseite kommend die hinteren Wurzeln der Spinalnerven. Die Nervenzellfortsätze leiten die Signale der Sinneszellen ins Hinterhorn der grauen Substanz des Rückenmarks und damit ins Zentralnervensystem. Die Zellkörper dieser pseudounipolaren Neurone liegen in den Spinalganglien, die sich beidseitig der Wirbelsäule anschmiegen.

Efferente Axone von Motoneuronen verlassen das Rückenmark über das Vorderhorn und die vorderen Wurzeln der Spinalnerven nach der Bauchseite hin und transportieren Signale vom ZNS in den Körper. Beispielsweise gelangt so ein Signal zur Muskelkontraktion vom Gehirn zum Beugemuskel im Oberschenkel.

**Pseudounipolare Nervenzellen** mit Zellkörper im Spinalganglion senden Signale der Sinneszellen ins ZNS.

**Motoneurone** mit Zellkörper im Vorderhorn senden Signale vom ZNS zu Muskeln und Drüsen.

**Myelinhülle**  
→ vgl. S. 40 f.

**Pseudounipolare Neurone** → vgl. S. 38 (Abb. 23)

**Motoneuron**  
→ vgl. S. 38 f. (Abb. 24)



© **STARK Verlag**

[www.stark-verlag.de](http://www.stark-verlag.de)  
[info@stark-verlag.de](mailto:info@stark-verlag.de)

Der Datenbestand der STARK Verlag GmbH ist urheberrechtlich international geschützt. Kein Teil dieser Daten darf ohne Zustimmung des Rechteinhabers in irgendeiner Form verwertet werden.

**STARK**