

Motivation

„Geh mir nicht auf die Nerven!“ Ein solcher Einstieg verblüfft einen so angesprochenen Schüler erst einmal. Jetzt haben die Schülerinnen und Schüler ein offenes Ohr für die Frage, was man damit eigentlich ausdrücken will. Wenn wir etwas berühren oder sehen, nimmt unser Körper das wahr. Reize von außen werden also irgendwie umgewandelt und zu einer Verarbeitungszentrale geschickt.

Wir können viele Dinge gleichzeitig tun, wobei in unserem Körper viele Prozesse ablaufen, ohne dass wir uns darüber bewusst werden. Erst wenn unser Körper durch einen Unfall, Fieber oder andere Einschränkungen nicht mehr so funktioniert wie vorher, machen wir uns Gedanken über Selbstverständliches.

Sachinformationen und didaktisch-methodische Hinweise

4.1 Nervenzellen

Bau und Funktion: motorische Nervenzelle

Zu Beginn sollte der Unterschied zwischen Nerv oder Nervenfasern und Nervenzelle geklärt werden. Als Modell für einen Nerv oder eine Nervenfasern eignet sich ein Stück eines mehradrigen Elektrokabels, das man teilweise abisoliert. So kann man gut veranschaulichen, dass viele Axone einen Nerv bilden.

Die **interaktive Übung (IÜ) 1: Aufbau einer Nervenzelle**, die **Folie 1: Aufbau einer Nervenzelle** sowie das **Arbeitsblatt (AB) 1: Die Nervenzelle** bieten die Möglichkeit eines multimedialen Einstiegs in die Thematik der Nervenzellen.

Eine **Nervenzelle** – auch Neuron genannt – gliedert sich in drei Abschnitte: Zellkörper, Dendriten und Axon (siehe Abb. 1).

Der **Zellkörper** (Soma) verzweigt sich in viele Fortsätze, die sogenannten Dendriten und dient damit der Erregungsaufnahme und -verarbeitung. Sogenannte **Dendriten** sind die Verbindungsstellen zu anderen Nerven- und Sinneszellen. Sie nehmen die Informationen von diesen auf und leiten sie zum Zellkörper weiter. Dieser enthält neben dem Zellkern verschiedene Organellen, insbesondere Mitochondrien, die „Kraftwerke“ der Zelle.

Das **Axon** ist ein besonders langer Fortsatz des Zellkörpers und ist durch den Axonhügel mit dem Soma, dem Zellkörper, verbunden. Am Axonhügel summiert sich die von den Dendriten aufgenommene Erregung auf. Wenn

diese ein bestimmtes elektrisches Potenzial überschreitet, wird sie über das Axon weitergeleitet (elektrische Weiterleitung). Das Axon ist umgeben von den lipidreichen Hüllzellen, die das Axon in regelmäßigen Abständen elektrisch isolieren. Die Hüllzellen ermöglichen eine schnelle Weiterleitung von Signalen, da die Erregung nur an den unisolierten **Ranvier'schen Schnürringen** "springend" weitergegeben wird. Diese sogenannte **saltatorische Erregungsleitung** ist deutlich schneller als die kontinuierliche bei wirbellosen Tieren. Sie kann ein Tempo von 120 Metern pro Sekunde erreichen.

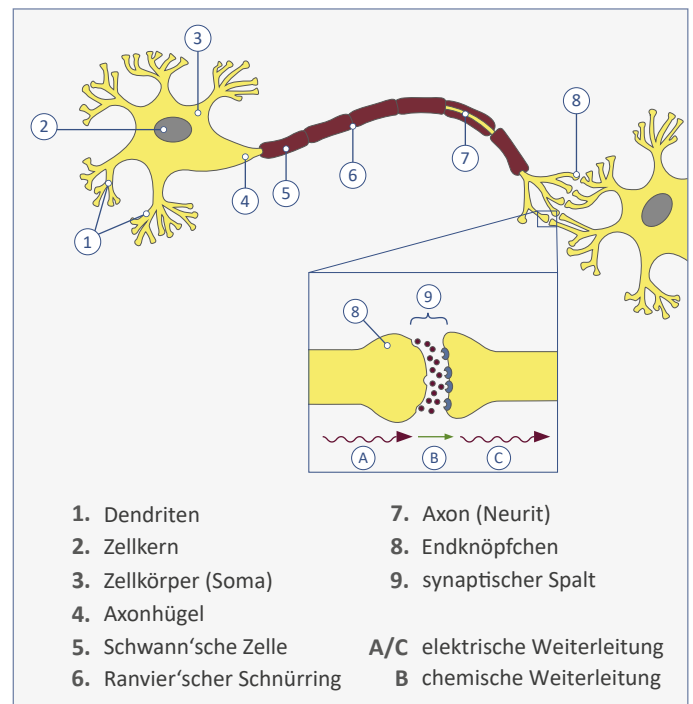


Abbildung 1: Aufbau einer Nervenzelle und Weiterleitung an der Synapse

In der **IÜ 3: Erregungsleitung am Axon – Aktionspotential** ist zu sehen, dass das **Ruhepotential** durch eine ungleiche Ionenverteilung zwischen Zellinnerem und Außenmedium zustande kommt. Beim Menschen beträgt das Ruhepotential ca. -70 mV.

Potenzialbestimmende Faktoren

Die Erregungsleitung verläuft entlang des Axons, dessen Außenseite (an den Ranvier'schen Schnürringen) beim Ruhepotential positiv, die Innenseite dagegen negativ geladen ist.

Bei der Überschreitung des Schwellenwerts, der bei etwa -40 mV liegt, erfolgt eine **Depolarisation** durch die Öffnung der spannungsabhängigen Natriumkanäle, d. h. die Permeabilität für Na⁺-Ionen steigt explosionsartig an (**IÜ 3: Erregungsleitung am Axon – Aktionspotential**).

Kapitel 4: Nervensystem

Für bis zu drei Sekunden strömen Na^+ -Ionen von außen nach innen. Dies hat zur Folge, dass die Außenseite negativ und die Innenseite positiv geladen wird. Diese Änderung der Ladung löst die **Repolarisation** aus. Dabei werden K^+ -Kanäle geöffnet und die K^+ -Ionen strömen von innen nach außen, da sie von der negativen Ladung angezogen werden.

Nach einer kurzzeitigen **Hyperpolarisation** (-80 mV) stellt die Natrium-Kalium-Pumpe die ursprünglichen Konzentrationsverhältnisse und damit das Ruhemembranpotential wieder her (siehe Abb. 2).

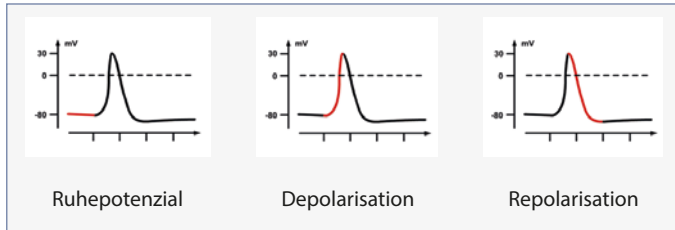


Abbildung 2: Aktionspotential an einer Nervenzelle

Erregungsübertragung an der Synapse

Am Ende eines jeden Axons befinden sich die **präsynaptischen Endknöpfchen**. Diese berühren die nachfolgende Zelle nicht direkt. Zwischen dem präsynaptischen Endknöpfchen und der nachgeschalteten Zelle liegt ein winziger **synaptischer Spalt** von 20 bis 50 Nanometern. Da der elektrische Impuls diesen Spalt nicht überwinden kann, muss er chemisch auf die nachfolgende Zelle übertragen werden, wie aus **AB 1: Die Nervenzelle** ersichtlich ist (chemische Signalweiterleitung).

Eine **Synapse** stellt die Verbindung von einer Nervenzelle zu einer anderen Nervenzelle, einer Muskelzelle oder einer Drüsenzelle dar.

Kommt ein Signal am Endknöpfchen an, werden **Neurotransmitter** aus Bläschen durch Exozytose in den synaptischen Spalt ausgeschüttet. Die Neurotransmitter docken nach dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip** an die **Rezeptoren** der postsynaptischen Membran des nächsten Dendriten oder Zellkörpers an und sorgen auf diese Weise für eine Öffnung der **Ionenkanäle** der postsynaptischen Membran. Dies führt zu einer Spannungsänderung und damit zu einer Weiterleitung des elektrischen Impulses. Aus der chemischen Reaktion im synaptischen Spalt ist dementsprechend an der folgenden Zelle wieder ein elektrischer Impuls geworden. Neurotransmitter überbrücken also den synaptischen Spalt.

Da nur an der Präsynapse Überträgersubstanzen in Bläschen gespeichert sind, kann der Prozess nur in eine Richtung und mit Verzögerung verlaufen. Nachdem sich die Transmitter wieder von den Rezeptoren gelöst haben,

werden sie im synaptischen Spalt durch **Enzyme** zerlegt und ins Endknöpfchen zurücktransportiert, wo sie wieder zusammengesetzt und in Bläschen gespeichert werden.

Es gibt mindestens 50 verschiedene Botenstoffe, die der Erregungsleitung zwischen den Neuronen dienen. Die bekanntesten sind Acetylcholin, Noradrenalin, Dopamin und Serotonin.

Zur Erarbeitung der **Erregungsübertragung an der Synapse** können die **IÜ 2** und die **Folie 2** herangezogen werden.

Drogen sind den Neurotransmittern im Aufbau sehr ähnlich, weshalb sie auf dieselben Synapsen wirken. Nikotin ist z. B. dem Acetylcholin verwandt und wirkt daher anregend.

Das Pfeilgift Curare dagegen bindet zwar auch an die Rezeptoren, an die normalerweise das Acetylcholin andockt, hemmt diese jedoch. So kann keine neue Erregung durch Acetylcholin erfolgen, wodurch die Muskeln gelähmt sind.

Die Struktur von Opiaten ähnelt der des Neurotransmitters Endorphin, der Glücksgefühle im Gehirn auslöst. Darauf ist die suchtfördernde Wirkung von Heroin zurückzuführen.

Gliederung des Nervensystems

Mithilfe des **AB 2: Das Nervensystem** kann ein Überblick über das Nervensystem des Menschen erarbeitet werden (siehe Abb. 3).

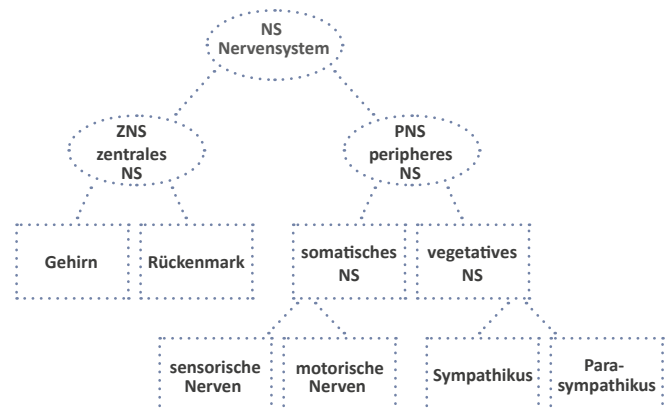


Abbildung 3: Gliederung des Nervensystems

Rückenmark und Gehirn bilden zusammen das **zentrale Nervensystem (ZNS)**. Das Gehirn wird durch das Rückenmark mit dem **peripheren Nervensystem (PNS)**, das den ganzen Körper durchzieht, verbunden. Die sensorischen und motorischen Nervenbahnen sind Teil des peripheren Nervensystems. Über sensorische – oder auch afferente (hinführende) – Nervenbahnen werden die Impulse vom

Sinnesorgan zum Rückenmark bzw. Gehirn geleitet. Die motorischen – oder auch efferenten (hinaustragenden) – Nervenbahnen leiten die Impulse vom Gehirn zum ausführenden Organ, z. B. dem Muskel. Rückenmarksnerven versorgen die inneren Organe, die Teil des **vegetativen Nervensystems** (VNS) und weitgehend der willkürlichen Kontrolle entzogen sind. Dabei arbeiten Sympathikus und Parasympathikus als Gegenspieler.

Die Nervenbahnen bestehen aus einzelnen Nervenzellen. Davon besitzt der Mensch rund 100 Milliarden, wobei jede mit ca. 10.000 anderen vernetzt sein kann.

4.2 Gehirn

Aufbau des Gehirns

Mit der **IÜ 1: Aufbau des Gehirns**, **Folie 3: Aufbau des Gehirns** sowie **AB 3: Das Gehirn** kann ein detaillierter Überblick über den Bau des Gehirns geschaffen werden.

Geschützt wird das empfindliche Gehirn durch die drei Hirnhäute und den Schädelknochen. Die Oberfläche des Großhirns ist durch viele Faltungen stark vergrößert. Die beiden Großhirnhälften machen etwa 80 % der Gehirnmasse aus und sind durch den **Balken** miteinander verbunden. Zu den Feldern der Großhirnrinde gehören z. B. die Erinnerungs- und Assoziationsfelder, die Antriebsfelder sowie die sensorischen und die motorischen Felder. Die **IÜ 2: Bewegungssteuerung durch das Gehirn** verdeutlicht ansatzweise die Kommunikation verschiedener Hirnareale.

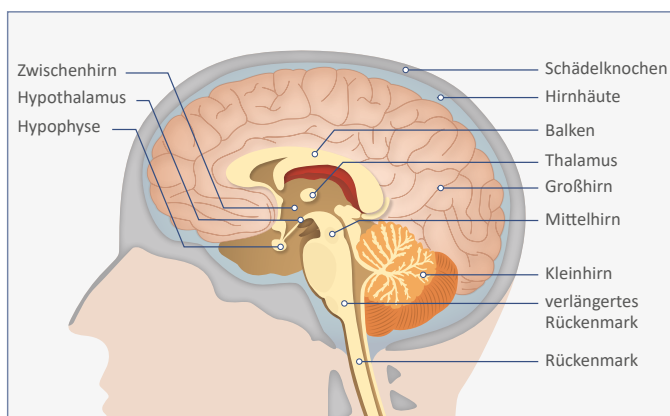


Abbildung 4: Aufbau des Gehirns

Das **Kleinhirn** ist zuständig für die Steuerung der Körperhaltung und die Feinabstimmung der Bewegungen. Hier findet das motorische Lernen statt. Nach dem Einüben komplizierter Bewegungsabläufe, z. B. dem Fahrradfahren oder Musizieren durch das **Großhirn**, werden diese später automatisiert und vom Kleinhirn kontrolliert.

Im **Zwischenhirn** befinden sich Steuerzentralen für das vegetative Nervensystem und das Hormonsystem. Im verlängerten Mark und der Brücke liegen Zentren für lebensnotwendige Reflexe (Schlucken, Erbrechen), die Kontrolle der Atmung, des Kreislaufs und der Verdauung.

Erkrankungen des Nervensystems

Der Schlaganfall ist die dritthäufigste Todesursache in Deutschland mit ca. 63.000 Todesfällen pro Jahr. Erkrankungen des Nervensystems erweisen sich bei den Krankenkassen als immer höherer Kostenfaktor.

Die **IÜ 3: Erkrankungen des Nervensystems** stellt den Schülerinnen und Schülern beispielhaft vier Erkrankungen des Nervensystems vor: **Migräne**, **Multiple Sklerose (MS)**, **Schlaganfall**, **Parkinson**. Die Schülerinnen und Schüler können zur Recherche und Erläuterung weiterer Erkrankungen, wie Meningitis, Epilepsie, Alzheimer oder Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) aufgefordert werden. Die sehr unterschiedlichen Krankheitsbilder können genutzt werden, um die Komplexität des Nervensystems und die weitreichenden Folgen einer Erkrankung herauszustellen.