



MEHR
ERFAHREN



NEUES ABITUR

ABITUR-TRAINING

Biologie 2

Neurobiologie · Stoffwechsel · Ökologie

STARK

Inhalt

Vorwort

Neuronale Informationsverarbeitung	1
1 Die Nervenzelle: Bau und elektrochemische Vorgänge	2
1.1 Bau und Funktion von Nervenzellen	2
1.2 Aufbau der Biomembran	4
1.3 Transportmechanismen an der Biomembran	6
1.4 Das Ruhepotenzial	11
► 1.5 Das Aktionspotenzial	14
1.6 Erregungsleitung am Axon	21
📝 Aufgaben	24
2 Elektrochemische Vorgänge an der Synapse	28
2.1 Allgemeiner Bau und Funktion einer Synapse	28
► 2.2 Erregungsübertragung an der neuromuskulären Synapse	29
2.3 Stoffeinwirkung an Synapsen	30
2.4 Depression – Beispiel für ein biochemisches Ungleichgewicht an Neurotransmittern	34
2.5 Informationsverarbeitung an der Synapse	37
📝 Aufgaben	42
3 Das neuronale System	45
3.1 Allgemeine Gliederung des menschlichen Nervensystems	45
3.2 Messungen elektrischer Aktivität	46
3.3 Lernen: Das Gehirn verändert sich	49
3.4 Störungen des neuronalen Systems	52
📝 Aufgaben	54
4 Zusammenspiel der Informationsübertragung in Nerven- und Hormonsystem	55
4.1 Grundlagen	55
4.2 Die Stressreaktion	58
📝 Aufgaben	62
5 Aufnahme von Informationen durch Sinnesorgane	63
5.1 Funktion und Arbeitsweise von Sinneszellen	64
5.2 Das Wirteltierauge – Reizaufnahme und -umwandlung durch Lichtsinneszellen	66
5.3 Fototransduktion in Lichtsinneszellen	69
5.4 Optische Phänomene	72
📝 Aufgaben	75

Stoffwechselphysiologie	77
1 Assimilation – Der Aufbau energiereicher Stoffe	78
1.1 Grundlagen der Fotosynthese	78
1.2 Abhängigkeit der Fotosynthese von Außenfaktoren	81
1.3 Angepasstheiten der Pflanzen an die Fotosynthese	86
1.4 Die lichtabhängigen Reaktionen (Primareaktionen)	89
1.5 Lichtunabhangige Reaktionen (Sekundareaktionen)	97
1.6 Besonderheiten der C ₄ -Pflanzen	99
 Aufgaben	104
2 Der Umbau von Stoffen	109
2.1 Die Bedeutung des Fotosyntheseprodukts Glucose	109
2.2 Nachwachsende Rohstoffe	110
2.3 Enzyme – Biokatalysatoren des Stoffwechsels	112
 Aufgaben	121
3 Dissimilation – Der Abbau energiereicher Stoffe	124
3.1 Glykolyse	124
3.2 Anaerober Abbau durch Gärung	125
3.3 Aerober Abbau durch biologische Oxidation	128
3.4 Vergleich der Stoff- und Energiebilanz des anaeroben und des aeroben Abbaus von Glucose	133
3.5 β-Oxidation von Fettsäuren	134
3.6 Vergleich von Fotosynthese und Zellatmung	135
 Aufgaben	138
Ökologie	145
1 Wechselwirkungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt	146
1.1 Ökologie – Grundlagen und Grundbegriffe	146
1.2 Abiotische Faktoren	147
1.3 Physiologische und ökologische Potenz	155
1.4 Die Biozönose – Wechselwirkungen zwischen Organismen	158
1.5 Nahrungsbeziehungen und Energiefluss in der Biozönose	166
 Aufgaben	173
2 Populationsökologie	178
2.1 Wachstum von Populationen	178
2.2 Fortpflanzungsstrategien: K- und r-Strategie	180
2.3 Einfluss von Umweltfaktoren auf die Populationsentwicklung	182
2.4 Populationsentwicklung des Menschen	188
2.5 Methoden zur Abschätzung der Populationsdichte	190
 Aufgaben	193

3	Ökologie der Biosphäre und Folgen menschlicher Eingriffe	196
3.1	Die Biosphäre	196
3.2	Natürliche (Stoff-)Kreisläufe im Ökosystem und Veränderungen durch den Menschen	197
3.3	Biome beeinflussen das Klima	204
3.4	Auswirkungen lokaler Eingriffe auf die Biosphäre	205
	Aufgaben	210
4	Wert der Biodiversität und der Ökosystemleistungen – menschliche Einflüsse, Bewertungen, Handlungsoptionen	212
4.1	Biodiversität	212
4.2	Nutzung und Bedeutung der Ökosystemleistungen	214
4.3	Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität und zur Sicherung der Ökosystemleistungen	214
4.4	Bewertung der Natur und Werteabwägung	218
	Aufgaben	223
	Lösungen	255
	Stichwortverzeichnis	276
	Abbildungsverzeichnis	282

Autorin und Autor:

Maren Frey, Harald Steinhofer

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

der vorliegende Band 2 sowie Band 1 führen Sie sicher durch alle entscheidenden Inhalten der Biologie in der Oberstufe. Das verständlich und systematisch aufbereitete Fachwissen und die zahlreichen Übungsaufgaben ermöglichen die gezielte, selbstständige Vorbereitung auf den Unterricht, die Klausuren und das Abitur. Im Folgenden behandelte Themen: **neuronale Informationsverarbeitung, Stoffwechselphysiologie** und **Ökologie**.

Zum Aufbau dieses Buches:

- In den Kapiteln werden zunächst alle entscheidenden **Fachbegriffe** und **Zusammenhänge** erklärt, sodass Sie den Unterrichtsstoff wiederholen oder auch selbstständig erarbeiten können.
- Viele **Abbildungen** und sorgfältig ausgewählte **Beispiele** veranschaulichen den Lernstoff.
- Die wichtigsten Begriffe und Zusammenhänge finden Sie in **farbigen Kästen**.
- **Zusammenfassungen** am Ende jedes Lernbereichs ermöglichen eine schnelle Überprüfung des Gelernten.
- Zu jedem Kapitel gibt es **zahlreiche Aufgaben** mit **ausführlichen Lösungen**, damit Sie Ihren Lernerfolg selbstständig überprüfen können.
- Themenbereiche, die nur für das **erhöhte Anforderungsniveau** bzw. den **Leistungskurs**/das **Leistungsfach** relevant sind, erkennen Sie durch einen farbigen Balken am Seitenrand.
- Das ausführliche **Stichwortverzeichnis** bietet Ihnen einen raschen Überblick und den sicheren Zugriff auf relevante Informationen.
- Zu ausgewählten Themenbereichen gibt es **hilfreiche Lernvideos**. Die entsprechenden Stellen im Buch sind mit einem Video-Symbol gekennzeichnet. Dort befinden sich QR-Codes, die Sie mit Ihrem Smartphone oder Tablet scannen können. Falls Sie keine Möglichkeit haben, die QR-Codes zu scannen, finden Sie die Lernvideos auch unter: www.stark-verlag.de/qrcode/lernvideos_104702



Viel Erfolg bei der Prüfungsvorbereitung und den anstehenden Klausuren wünschen Ihnen das Autorenteam und der STARK Verlag!

Neuronale Informationsverarbeitung



Musizieren erfordert komplexe neuronale Informationsverarbeitung: Wahrnehmung, Bewegung und Gedächtnis greifen ineinander, wenn das Gehirn Gehörtes analysiert, gespeicherte Bewegungsabläufe abruft und präzise Signale an Muskelzellen sendet.

1 Die Nervenzelle: Bau und elektrochemische Vorgänge

Das menschliche Nervensystem ist ein komplexes Netzwerk aus Milliarden von **Nervenzellen (Neuronen)**. Die grundlegende Funktionsweise des Nervensystems beruht auf elektrischer und chemischer **Signalübertragung**. Die komplexe Vernetzung von Neuronen ermöglicht die Aufnahme, Weitergabe und Verarbeitung von Informationen.

1.1 Bau und Funktion von Nervenzellen

Reize werden durch Sinneszellen (siehe S. 63 ff.) aufgenommen und in elektrische Erregung umgewandelt. Nervenzellen besitzen einen typischen Bau, der es ihnen erlaubt, elektrische Erregung weiterzuleiten und zu verarbeiten. Als Folge kann am Erfolgsorgan (z. B. Muskel oder Drüsenzelle) eine passende Reaktion ausgelöst werden.

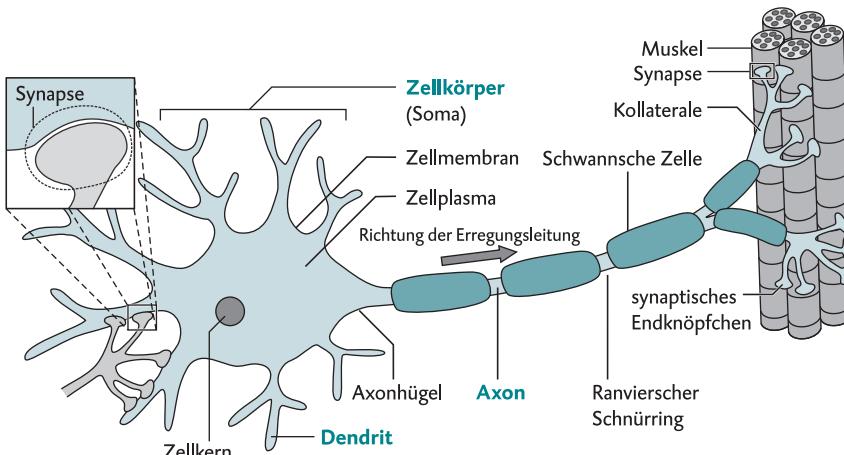


Abb. 1: Bau einer motorischen Nervenzelle

Je nachdem wo sie vorkommen, können Nervenzellen sehr unterschiedlich gestaltet sein. Sie besitzen aber immer drei Zellabschnitte mit charakteristischen Funktionen:

Bau	Funktion	
Dendriten	Kurze baumartig-verästelte Fortsätze; ihre große Oberfläche bietet viel Platz für Kontaktstellen zu anderen Nervenzellen oder zu Sinneszellen.	Die Dendriten empfangen Signale von anderen Nervenzellen oder von Sinneszellen und leiten die dabei entstehenden elektrischen Erregungen zum Zellkörper weiter.

Zellkörper (Soma)	Enthält den Zellkern, eine große Anzahl an Mitochondrien und weitere Organellen der tierischen Zelle. Der kegelförmige Axonhügel bildet den Übergang zum Axon .	Die von allen Dendriten zusammenlaufenden Erregungen werden am Zellkörper verarbeitet (siehe S. 37 ff.). Wenn sie stark genug sind, wird am Axonhügel ein Aktionspotenzial (siehe S. 14 ff.) ausgelöst, das über das Axon weitergeleitet wird. Außerdem ist der Zellkörper das Stoffwechselzentrum der Nervenzelle: Er stellt Energie und Zellbausteine für die gesamte Zelle bereit.
Axon	Schlanker, oft sehr langer Fortsatz der Nervenzelle; entspringt aus dem Axonhügel und endet oft verzweigt (über Axonkollateralen) in typischen Verdickungen, den Endknöpfchen.	Das Axon leitet Aktionspotenziale über lange Strecken sehr schnell zu den Endknöpfchen. Dort wird die Erregung über chemische Synapsen (siehe S. 28 ff.) auf andere Nervenzellen oder auf Muskel- oder Drüsenzellen übertragen.

Tab. 1: Bau und Funktion der Zellabschnitte des Neurons



Die **motorische Nervenzelle (Motoneuron)** ist eine typische Nervenzelle des peripheren Nervensystems, die zu den Skelettmuskeln führt und deren Kontraktion steuert (siehe Abb. 1).

Neben den Nervenzellen findet man im Nervengewebe auch **Gliazellen**. Diese ...

- bilden ein stützendes Gerüst für die Nervenzellen und schützen sie.
- sind maßgeblich an Stoffwechselprozessen beteiligt (Versorgung der Neuronen).
- sorgen durch die Umhüllung der Axone für deren elektrische Isolation.



Eine **Nervenfaser** besteht aus einem **Axon** und den **umhüllenden Gliazellen**.

Nervenfasern können wie folgt unterteilt werden:

- **Myelinisierte (= markhaltige) Nervenfasern:** Diese kommen bei Wirbeltieren im gesamten Nervensystem vor. Axone im peripheren Nervensystem werden dabei in der Regel von **SCHWANNSCHEN ZELLEN** (auch: **SCHWANN-ZELLEN, Hüllzellen**) umhüllt, einer speziellen Form der Gliazellen. Deren Zellmembran wickelt sich vielfach um das Axon und bildet die lipid- und proteinreiche **Myelinscheide** (auch: **Markscheide**). Da Lipide nur eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit aufweisen, stellt die Myelinscheide eine **Isolationsschicht** dar.

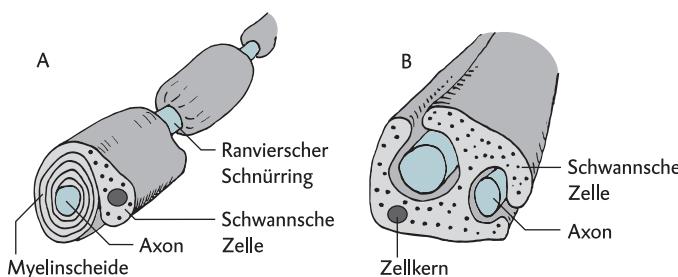


Abb. 2: Schema einer markhaltigen (A) und einer marklosen Nervenfaser (B)

Zwischen den Hüllzellen weist die Myelinschicht in regelmäßigen Abständen ca. 1 µm breite Unterbrechungen auf, die als **RANVIERSche Schnürringe** (auch: **RANVIER-Schnürringe**) bezeichnet werden.

Die Eigenschaften der Myelinscheide ermöglichen eine schnelle Erregungsleitung (siehe S. 21 ff.).

- **Nicht myelinisierte (= marklose) Nervenfasern:** Die Axone dieser Nervenfasern werden von den SCHWANNSchen Zellen nur locker umgeben, weder Myelinscheide noch RANVIERSche Schnürringe sind vorhanden.

	Vorkommen	Eigenschaften
Myelinisierte Nervenfasern	bei höheren Wirbeltieren	<ul style="list-style-type: none"> • sehr gute Isolation • rasche Erregungsleitung über weite Strecken
Nicht myelinisierte Nervenfasern	<ul style="list-style-type: none"> • Nerven wirbelloser Tiere • einige Nerven des vegetativen Nervensystems bei Wirbeltieren z. B. in Magen und Darm 	<ul style="list-style-type: none"> • kaum Isolation • geringere Nervenleitgeschwindigkeit

Tab. 2: Vergleich der beiden Nervenfasertypen



Mehrere hundert Nervenfasern werden durch Bindegewebshüllen zu einem auch makroskopisch sichtbaren **Nerv** (z. B. Ischiasnerv) zusammengefasst.

1.2 Aufbau der Biomembran

Biomembranen grenzen sowohl die Zelle als Ganzes als auch Kompartimente innerhalb der Zelle nach außen hin ab.



Die **Kompartimente** der Eukaryoten sind membranumschlossene Räume mit relativ konstanten chemischen Bedingungen. Sie können sowohl ganze **Organellen** (z. B. Mitochondrien, Chloroplasten, Zellkern) als auch Bereiche innerhalb von Organellen (z. B. Matrix und Intermembranraum eines Mitochondriums) umfassen.

Die **Kompartimentierung** innerhalb einer Zelle oder eines Organells schafft getrennte Reaktionsräume. Dadurch können gleichzeitig verschiedene, teils gegensätzliche Stoffwechsel- und Transportprozesse in räumlicher Nähe ablaufen, ohne sich gegenseitig zu beeinträchtigen.

Alle Biomembranen haben die gleiche **Grundstruktur**: Sie besteht aus einer Lipiddoppelschicht mit verschiedenen auf- oder eingelagerten Proteinen.

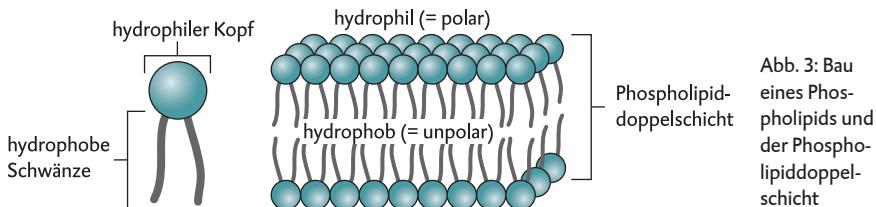
Membranlipide

Bei den Membranlipiden der tierischen und pflanzlichen Zellen handelt es sich zum Großteil um **Phospholipide** (z. B. Lecithin). Sie bestehen aus ...

- einem **hydrophilen** (polaren) Kopf und
- zwei **hydrophoben** (unpolaren) Kohlenwasserstoffschwänzen.

Aufgrund dieser Eigenschaft ordnen sich die Phospholipide in wässriger Umgebung in geordneten Molekülverbänden an. Die hydrophoben Enden lagern sich nach innen zusammen, die hydrophilen Enden wenden sich nach außen. Im Fall der Biomembranen ergibt sich dadurch die Anordnung in Form einer **Phospholipiddoppelschicht** (siehe Abb. 3).

Die Phospholipide sorgen für die Stabilität und die Flexibilität der Membran.



Membranproteine

Die Membranproteine sind ungleichmäßig verteilt:

- **Periphere Proteine** sind an die Membranoberfläche gebunden. Die Verbindung ist dynamisch, d. h., die Proteine können gelöst und wieder gebunden werden.
- **Integrale Proteine** dringen in die Phospholipiddoppelschicht ein oder durchziehen beide Schichten komplett und ragen aus der Membran heraus (transmembrane Proteine). Sie können z. B. als Carrier oder als Kanäle fungieren (siehe S. 8 ff.).

Durch **Membranproteine** wird die Funktionalität der Biomembran bestimmt. Viele Proteine sind am Membrantransport beteiligt, d. h. am Stoffaustausch oder der Signalübertragung.

Membrankohlenhydrate

An Lipiden oder Proteinen auf der Außenseite von Biomembranen können Kohlenhydratketten gebunden sein. Die Membranbestandteile werden dann als **Glykolipide** bzw. **Glykoproteine** bezeichnet.

Die Kohlenhydratketten bilden die sogenannte **Glykokalyx**, die spezifische Zell-Zell-Kontakte ermöglicht, Signale vermittelt und die Zelloberfläche vor mechanischen sowie chemischen Einwirkungen schützt.

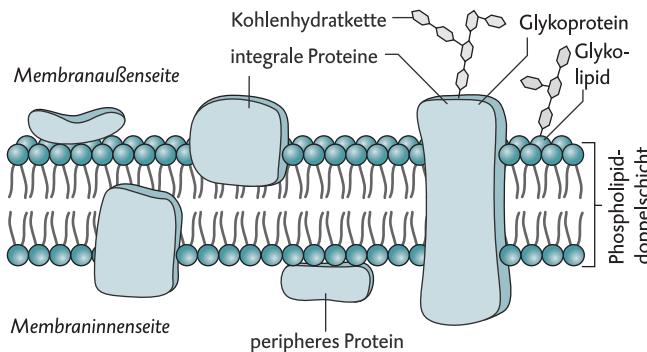


Abb. 4: Bau der Biomembran (vereinfachtes Schema)



Biomembranen haben einen einheitlichen Bau: Sie bestehen im Wesentlichen aus einer Phospholipiddoppelschicht, ein- und aufgelagerten Proteinen sowie wenigen Kohlenhydratketten auf der Oberfläche.

Membranmodell von SINGER und NICOLSON

1972 entwickelten SINGER und NICOLSON das **Flüssig-Mosaik-Modell**, nach dem die Membranproteine nicht starr in der Membran fixiert sind, sondern in der mehr oder weniger flüssigen Phospholipiddoppelschicht „schwimmen“.

1.3 Transportmechanismen an der Biomembran

Alle Zellen (auch die Nervenzelle) und ebenso die Zellorganellen sind offene Systeme, von denen permanent Stoffe und Energie mit der Umgebung ausgetauscht werden.

Stofftransport durch die Biomembran

Die Biomembranen, die die Zelle und zahlreiche Organellen umgeben, bilden eine selektive Barriere:

- Größere, stark hydrophile (polare) oder geladene Moleküle (z. B. Proteine, Ionen) können die Lipiddoppelschicht nicht ohne Weiteres passieren.

- Nur kleine unpolare Moleküle (z. B. Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid) können die Biomembran frei (passiv, ohne Energieaufwand) durchqueren.
- Kleine polare Moleküle, wie z. B. Wasser, gelangen relativ langsam durch die Membran.

Über verschiedene **Transportmechanismen** ist aber ein gezielter und kontrollierter Austausch von Teilchen möglich, die die Biomembranen sonst nicht oder nur sehr langsam durchdringen könnten.



Biomembranen haben die Funktion von **physiologischen Barrieren**, ermöglichen aber den **kontrollierten Import und Export** von Stoffen.

Man unterscheidet verschiedene Wege des Membrantransports:

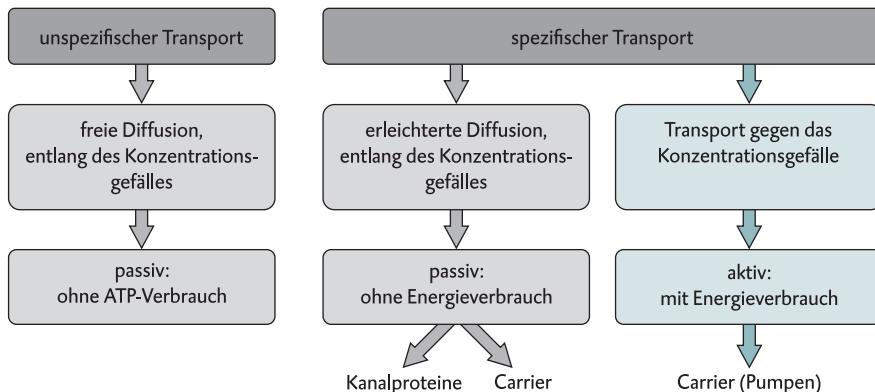


Abb. 5: Übersicht über die Wege des Membrantransports

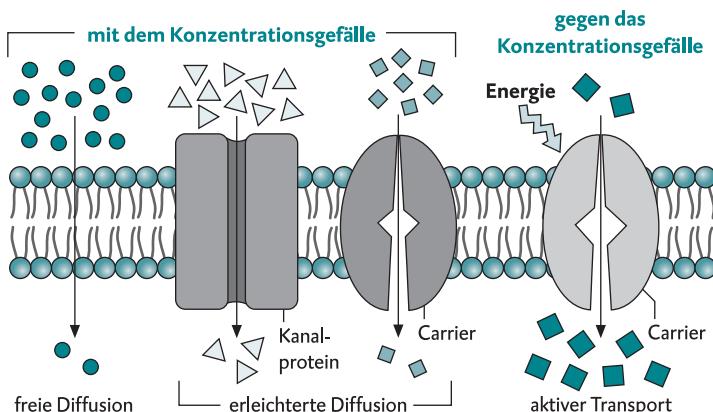


Abb. 6:
Schematische
Darstellung der
Prinzipien des
Membrantrans-
ports



Aufgaben

- 19 Entwerfen Sie ein Fließdiagramm, anhand dessen Sie den Weg der Neurotransmitter an einer erregenden neuromuskulären Synapse nach dem Eintreffen eines Aktionspotenzials am Axon-Endknöpfchen verfolgen.
- 20 Die Refraktärzeit sorgt dafür, dass Aktionspotenziale am Axon nur in eine Richtung weitergegeben werden können. Begründen Sie anhand des Baus der chemischen Synapse, dass auch dort Erregungen nur in eine Richtung übertragen werden können.
- 21 Stellen Sie mögliche Vor- und Nachteile der Informationsübertragung an einer chemischen Synapse gegenüber. Beziehen Sie auch den Umstand mit ein, dass sich in den Endknöpfchen sehr viele Mitochondrien befinden.
- 22 Stellen Sie einen Zusammenhang zwischen der Frequenz einlaufender Aktionspotenziale am Endknöpfchen einer erregenden Synapse und der Übertragung auf die nachfolgende Nervenzelle her. Gehen Sie dabei auf alle wesentlichen Vorgänge an der Synapse ein. Beschreiben Sie die Vorgänge in „je ... desto“-Formulierungen.
- 23 Erläutern Sie, warum die Neurotransmitter sich sehr schnell wieder von den Rezeptoren der Ionenkanäle der postsynaptischen Membran lösen und deren Spaltprodukte sofort wieder in die Präsynapse aufgenommen werden, sodass sie nicht lange im synaptischen Spalt verweilen.
- 24 Das Bakterium *Clostridium tetani* bildet das Tetanustoxin. Es verhindert im Rückenmark die Freisetzung bestimmter hemmender Transmitter an Synapsen, die für die Muskelsteuerung zuständig sind. Vermuten Sie, wie sich dies auf die Aktivität der Nervenzellen, die Muskeln steuern, und auf die Muskulatur selbst auswirkt.



Eine Impfung bietet wirksamen Schutz vor dem Tetanustoxin.

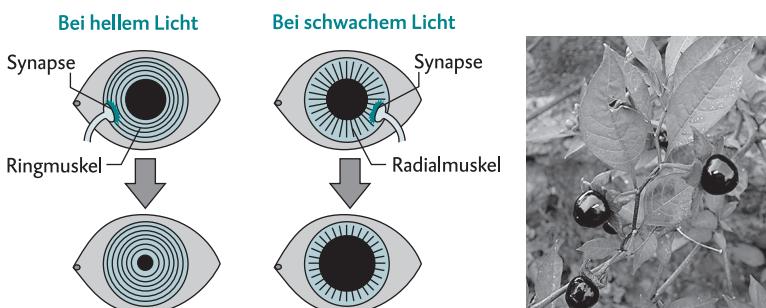
- 25 Bei einem Experiment wurden die in der folgenden Tabelle dargestellten Wirkungen dreier Toxine auf die Muskulatur beobachtet.

	Effekt
Toxin 1	Muskel erschlafft, keine Kontraktion mehr möglich
Toxin 2	Muskel bleibt dauerhaft kontrahiert
Toxin 3	Muskel kann nicht mehr erregt werden, obwohl Acetylcholin im synaptischen Spalt nachweisbar ist

Bestimmen Sie, um welche Substanzen es sich bei den Toxinen 1–3 handeln könnte. Wählen Sie unter den folgenden Möglichkeiten die plausibelste aus und begründen Sie Ihre Entscheidung kurz.

- Toxin 1 = Botulinumtoxin; Toxin 2 = Alpha-Latrotoxin; Toxin 3 = Curare
- Toxin 1 = Curare; Toxin 2 = Botulinumtoxin; Toxin 3 = Nikotin
- Toxin 1 = Botulinumtoxin; Toxin 2 = Curare; Toxin 3 = Alpha-Latrotoxin
- Toxin 1 = Nikotin; Toxin 2 = Alpha-Latrotoxin; Toxin 3 = Curare

- 26** Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, warum körpereigene Morphine (Endorphine) im Gegensatz zu anderen Opioiden nicht süchtig machen.
- 27** **Atropin**, das Gift der Tollkirsche, blockiert Acetylcholin-Rezeptoren im Herzmuskel, in den Eingeweiden und im Auge.

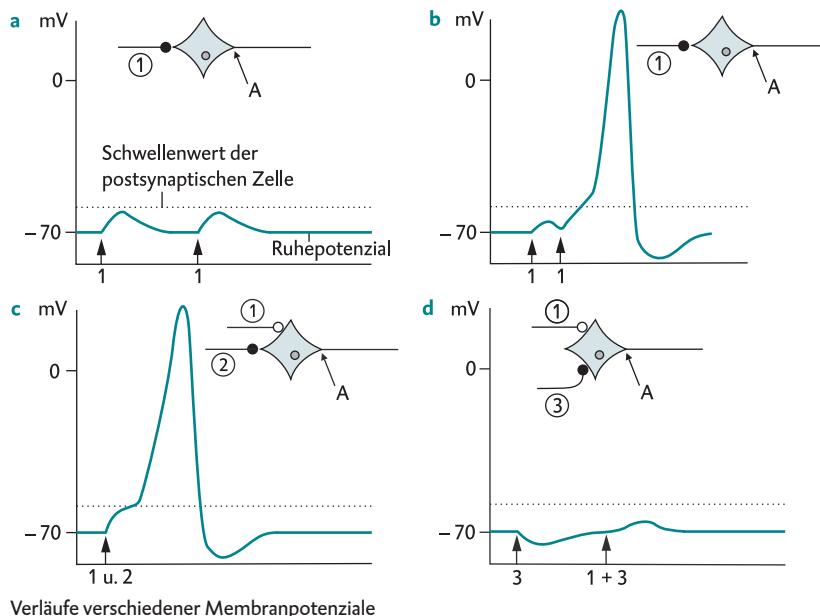


Die Öffnungsweite der Pupillen wird durch zwei verschiedene Irismuskeln bestimmt: den Ringmuskel und den Radialmuskel.

Die Synapsen des Ringmuskels besitzen den Neurotransmitter Acetylcholin, die des Radialmuskels hingegen Noradrenalin.

- a** Beschreiben Sie zunächst anhand der Abbildung und des Aufgabentextes, wie die Veränderung der Öffnungsweite der Pupille (Adaption) neurophysiologisch geregelt ist.
- b** Erklären Sie, warum dieses Gift in niedriger Dosierung als Medikament in Form von Augentropfen zur Pupillenerweiterung eingesetzt werden kann.
- 28** In Synapsen kommt häufig der Neurotransmitter GABA vor. In bestimmten Bereichen des Gehirns (z. B. im Thalamus) wirkt GABA bei der Einleitung und Aufrechterhaltung des Schlafes mit. GABA bindet als Ligand an Rezeptoren von Chloridionenkanälen, was zu deren Öffnung führt. Tranquillizer, also Stoffe mit muskelentspannender und schlaffördernder Wirkung, binden ebenfalls an diese Rezeptoren, jedoch nicht an die gleiche Bindungsstelle wie GABA. D. h., sie ersetzen den Neurotransmitter nicht.

- a Erläutern Sie die Wirkung von GABA auf die postsynaptische Membran. Gehen Sie dabei auch auf die Ursache für die Ionenströme ein.
- b Erklären Sie, wie es zur schlaffördernden und entspannenden Wirkung von Tranquillizern kommen könnte.
- 29 Vergleichen Sie tabellarisch EPSP und IPSP. Erklären Sie dabei jeweils die Bezeichnung und geben Sie die Art der Synapse, die Veränderung des Potenzials der postsynaptischen Membran, sowie die hauptsächlich messbaren Ionenströme an.
- 30 Vergleichen Sie die Informationsübertragung an der chemischen Synapse mit der Informationsweiterleitung an Axonhügel und Axon ausführlich in Hinblick auf die Art der Codierung und deren Funktion.
- 31 Erklären Sie den Unterschied zwischen den Ionenkanälen in der Axonmembran und denen in der postsynaptischen Membran.
- 32 In den folgenden Abbildungen a–d sind die Abläufe von Membranpotenzialen dargestellt, wie sie auf einem Oszilloskop zu sehen sind, wenn man an der Stelle „A“ des Axons (Axonhügel) ableitet. Die zugrunde liegenden Schaltungen sind darüber angegeben. Die Ziffern 1–3 im Oszilloskopbild geben an, über welche Axone/Synapsen Erregungen einlaufen. Erklären Sie, wie die Verläufe der verschiedenen Membranpotenziale zustande kommen.



neue Depolarisation auslösen. Wären die Schnürringe zu weit voneinander entfernt, würden diese Kreisströme auf dem Weg zu stark abgeschwächt und könnten den Schwellenwert am nächsten Schnürring nicht mehr überschreiten. Ein neues Aktionspotenzial könnte dann nicht ausgelöst werden.

19

Durch die Öffnung der spannungsgesteuerten Calciumionenkanäle wandern die synaptischen Bläschen (Vesikel) mit den Neurotransmittern (an der neuromuskulären Synapse meist Acetylcholin, ACh) zur präsynaptischen Membran und verschmelzen mit dieser.

Die ACh-Moleküle werden in den synaptischen Spalt abgegeben und diffundieren zur postsynaptischen Membran.

Dort bindet ACh als Ligand nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an einen passenden Acetylcholin-Rezeptor, wodurch Natriumionenkanäle geöffnet werden.

Nach einer kurzen Zeit lösen sich die Transmitter vom Rezeptor und werden vom Enzym Acetylcholinesterase gespalten.

Das Cholin wird über die präsynaptische Membran wieder ins Endknöpfchen aufgenommen und dient zur Synthese neuer ACh-Moleküle, die wiederum in Vesikeln gespeichert werden.

20 An der präsynaptischen Membran (Endknöpfchen) befinden sich synaptische Vesikel, die Neurotransmitter enthalten, sowie spannungsgesteuerte Calciumionenkanäle, die sich beim Eintreffen eines Aktionspotenzials öffnen und den Einstrom von Calciumionen ermöglichen. Dieser Calciumionen-Einstrom löst die Exocytose der Vesikel aus, wodurch Neurotransmitter in den synaptischen Spalt freigesetzt werden.

Die ausgeschütteten Neurotransmitter diffundieren durch den synaptischen Spalt und können nur an der postsynaptischen Membran wirken, da sich dort die spezifischen Rezeptoren befinden. An der präsynaptischen Membran fehlen Rezeptoren für diese Transmitter, sodass die freigesetzten Botenstoffe nicht „rückwärts“ wirken können.

Aufgrund dieser Gegebenheiten ist der Informationsfluss an der chemischen Synapse strikt gerichtet: von der präsynaptischen zur postsynaptischen Zelle.

21 **Nachteile:** Im Gegensatz zur Informationsweiterleitung über das Axon werden die Informationen an chemischen Synapsen nicht elektrisch, sondern chemisch weitergegeben. Dies hat **Geschwindigkeitsverluste** gegenüber der

sehr schnellen Weiterleitung über das Axon zur Folge, da die Übertragung mehrere aufeinanderfolgende Schritte umfasst (Transmitterfreisetzung, Diffusion, Rezeptorbindung). Zudem müssen die **Neurotransmittermoleküle** synthetisiert, in Vesikeln gespeichert, freigesetzt, enzymatisch abgebaut und anschließend recycelt werden. Diese Vorgänge erfordern einen hohen Material- und auch Energieaufwand, was die große Anzahl an Mitochondrien im Endknöpfchen erklärt.

Vorteile: Durch die Veränderung der Übertragungsart kann die Weiterleitung von Informationen verändert werden: Informationen von vielen zusammenlaufenden Nervenzellen können an einer Nervenzelle verrechnet werden (**räumliche Summation**). Wird eine Nervenzelle mit hoher Frequenz erregt, können sich die entstehende PSPs überlagern (**zeitliche Summation**). Umgekehrt können auch Informationen einer oder weniger Nervenzellen **auf viele Nervenzellen verteilt** werden.

Synapsen können dabei auf die Folgezelle eine **erregende** oder **hemmende** Wirkung haben (EPSP oder IPSP).

22 Formulierungen:

- Je häufiger Aktionspotenziale am Endknöpfchen eintreffen, desto mehr spannungsabhängige Calciumionenkanäle öffnen sich und desto mehr Calciumionen strömen in das Endknöpfchen.
- Je mehr Calciumionen einströmen, desto mehr Vesikel mit Neurotransmittern „wandern“ zur präsynaptischen Membran und verschmelzen mit ihr.
- Je mehr Vesikel verschmelzen, desto mehr Neurotransmitter gelangen in den synaptischen Spalt.
- Je mehr Transmitter sich im Spalt befinden, desto mehr Rezeptoren an der postsynaptischen Membran werden besetzt und desto mehr ligandengesteuerte Ionenkanäle öffnen sich bzw. bleiben länger geöffnet.
- Je länger die Ionenkanäle geöffnet sind und je mehr Ionenkanäle geöffnet sind, desto stärkere und länger anhaltende postsynaptische Potenziale (PSPs) entstehen, und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass am Axonhügel der postsynaptischen Zelle neue Aktionspotenziale ausgelöst werden.

23 Das schnelle Lösen der Neurotransmitter von den Rezeptoren und ihre rasche Entfernung aus dem synaptischen Spalt ist notwendig, um eine kurze und sehr präzise Erregungsübertragung an der Synapse zu ermöglichen. Durch das schnelle Recycling wird zum einen sichergestellt, dass auch nachfolgende Akti-

onspoteniale effektiv weitergeleitet werden können. Zum anderen wird durch die kurze Wirkungsdauer der Transmitter eine Dauererregung an der Postsynapse verhindert (was ggf. zu starren Lähmungen führen könnte).

- 24** Durch das Tetanustoxin wird im Rückenmark die Ausschüttung hemmender Transmitter blockiert. Normalerweise dämpfen diese Botenstoffe die Aktivität der Nervenzellen, die die Muskulatur steuern. Wenn diese hemmenden Transmitter fehlen, werden die Motoneuronen nicht mehr reguliert, sondern dauerhaft erregt. Sie senden so ständig Aktionspotenziale an die Muskulatur. Folge: Die Muskeln ziehen sich dauerhaft zusammen, es kommt zu schmerzhaften Krämpfen und einer starren Lähmung (Tetanus).

Hinweis: Typische erste Symptome sind Kiefer- und Nackenstarre, später können auch Rumpf- und Atemmuskulatur betroffen sein, was unbehandelt zum Tod führen kann. Eine Impfung schützt, indem das Immunsystem zur Bildung von Antikörpern gegen das Tetanustoxin angeregt wird.

- 25** Toxin 1 = Botulinumtoxin; Toxin 2 = Alpha-Latrotoxin; Toxin 3 = Curare
 Toxin 1 = Curare; Toxin 2 = Botulinumtoxin; Toxin 3 = Nikotin
 Toxin 1 = Botulinumtoxin; Toxin 2 = Curare; Toxin 3 = Alpha-Latrotoxin
 Toxin 1 = Nikotin; Toxin 2 = Alpha-Latrotoxin; Toxin 3 = Curare

Begründung:

- **Botulinumtoxin:** Hemmt die Verschmelzung der Vesikel mit der präsynaptischen Membran \Rightarrow kein Acetylcholin wird freigesetzt \Rightarrow schlaffe Lähmung.
- **Alpha-Latrotoxin:** Löst über die dauerhafte Öffnung der Ca^{2+} -Ionenkanäle eine übermäßige Ausschüttung von Acetylcholin aus \Rightarrow Rezeptoren der postsynaptischen Membran werden daueraktiviert \Rightarrow starre Lähmung.
- **Curare:** Blockiert die Acetylcholin-Rezeptoren der Muskelfasern \Rightarrow Acetylcholin ist im synaptischen Spalt vorhanden, kann aber nicht wirken \Rightarrow schlaffe Lähmung.

- 26** Endorphine machen nicht süchtig, weil sie im Körper nur kurzzeitig wirken und schnell durch Enzyme abgebaut werden. Sie werden zudem nur in bestimmten Situationen ausgeschüttet und ihre Menge ist körpereigen reguliert. Exogene Opioide wie Morphin oder Heroin binden dagegen länger und stärker an Opioidrezeptoren. Durch die willentlich wiederholbare Zufuhr kommt es zur Toleranzentwicklung und schließlich zur Abhängigkeit. Endorphine führen daher nicht zu Sucht, andere Opioide hingegen schon.



© **STARK Verlag**

www.stark-verlag.de
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