

Ergotherapie Prüfungswissen Anatomie, Biologie und Physiologie

Jürgen Zervos-Kopp

5. Auflage



Thieme

Ergotherapie Prüfungswissen

Anatomie, Biologie und Physiologie

Jürgen Zervos-Kopp

5. Auflage

303 Abbildungen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart · New York

*Bibliographische Information –
der Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek
verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliographie;
detaillierte bibliographische Daten
sind im Internet über
<http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Ihre Meinung ist uns wichtig!
Bitte schreiben Sie uns unter:

www.thieme.de/service/feedback.html

Jürgen Zervos-Kopp
Im Sohl 25
51643 Gummersbach

1. Auflage 2007
2. Auflage 2009
3. Auflage 2013
4. Auflage 2017

© 2007, 2009, 2017, 2022. Thieme.
All rights reserved.
Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany
www.thieme.de

Printed in Italy

Zeichnungen: Helmut Holtermann,
Dannenberg
Covergestaltung: © Thieme
Satz: primustype Hurler GmbH, Notzingen
Druck: LEGO S. p. A., Vicenza

ISBN 978-3-13-244802-5 1 2 3 4 5 6

Auch erhältlich als E-Book:
eISBN (PDF) 978-3-13-244803-2
eISBN (epub) 978-3-13-244804-9

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen. Marken, geschäftliche Bezeichnungen oder Handelsnamen werden nicht in jedem Fall besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Handelsnamen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Wo datenschutzrechtlich erforderlich, wurden die Namen und weitere Daten von Personen redaktionell verändert (Tarnnamen). Dies ist grundsätzlich der Fall bei Patienten, ihren Angehörigen und Freunden, z.T. auch bei weiteren Personen, die z. B. in die Behandlung von Patienten eingebunden sind.

Thieme Publikationen streben nach einer fachlich korrekten und unmissverständlichen Sprache. Dabei lehnt Thieme jeden Sprachgebrauch ab, der Menschen beleidigt oder diskriminiert, beispielsweise aufgrund einer Herkunft, Behinderung oder eines Geschlechts. Thieme wendet sich zudem gleichermaßen an Menschen jeder Geschlechtsidentität. Die Thieme Rechtschreibkonvention nennt Autor*innen mittlerweile konkrete Beispiele, wie sie alle Lesenden gleichberechtigt ansprechen können. Die Ansprache aller Menschen ist ausdrücklich auch dort intendiert, wo im Text (etwa aus Gründen der Leseleichtigkeit, des Textumfangs oder des situativen Stil-Empfindens) z.B. nur ein generisches Maskulinum verwendet wird.

*Gewidmet meiner Frau Hildegard
sowie Katharina und Charlotte*

Geleitwort

Eine zentrale Aufgabenstellung in der Ergotherapie ist es festzustellen, was bei Klienten Handlungsprobleme verursacht, wie ausgeprägt sie sind, wie sie durch die Umwelt beeinflusst werden und wie sie sich auswirken, damit Lösungs- bzw. Behandlungsansätze auf der Grundlage einer Befundbewertung entwickelt werden können.

Wenn Ergotherapeuten für sich in Anspruch nehmen, dass sie die Handlungsfähigkeit des Menschen beeinflussen wollen, so impliziert dies, dass sie es auch zu tun haben mit der Bewegungsfähigkeit und der Mobilität des menschlichen Körpers und mit anderen körperlichen Phänomenen, die Handlungsfähigkeit ermöglichen oder hemmen können.

Anatomie und Physiologie stellen deshalb sowohl für die Ausbildung als auch für die spätere Berufstätigkeit eine Grundlage dar. Ohne grundlegende anatomische und physiologische Vorkenntnisse ist es Ergotherapeuten nicht möglich, wesentliche Zusammenhänge der speziellen Krankheitslehre zu verstehen. Darüber hinaus stellen diese Vorkenntnisse wesentliche Voraussetzungen bereit, um therapeutische Maßnahmen nachvollziehen und auch ableiten zu können sowie Kontraindikationen zu begreifen.

Dieses Buch stellt den Beginn einer Buchreihe dar, die sich besonders an lernende Ergotherapeuten wendet, aber auch für Praktiker als Nachschlagewerk genutzt werden kann, die sich „auf die Schnelle“ noch mal eines Sachverhalts vergewissern wollen.

Das hier vorliegende Werk ist kein Lehrbuch im eigentlichen Sinne, sondern ein **Kompodium**, das Basiswissen zu Bau, Funktion und Funktionszusammenhänge des menschlichen Körpers so zusammenfasst, dass der Leser bzw. Lernende in die Lage versetzt wird, schnell Strukturen zu erkennen und komprimiertes Wissen zur Thematik als wichtigste Inhalte zu identifizieren.

Man kann sich die Frage stellen: Warum ein spezielles Buch über Anatomie und Physiologie für Ergotherapeuten? Gibt es nicht schon genügend Literatur zu diesem Thema?

Fundiertes Wissen aus dem Fachgebiet Biologie, Anatomie und Physiologie ist für jede therapeutische Tätigkeit wichtig, allerdings jeweils in unterschiedlicher Tiefe und Akzentuierung.

Diese Tatsache führt zu der Frage, welche Breite, Tiefe und unterschiedliche Akzentuierung denn für Ergotherapeuten bedeutsam ist und demzufolge auch im Kontext der Ausbildung als prüfungsrelevantes Standardwissen gelten sollte.

Es ist bekannt, dass die Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für die Ergotherapieausbildung durch ihre „Überschriften“ lediglich eine grobe Orientierung über zu lehrende Inhalte gibt – in welcher Tiefe, in welchem Umfang oder welcher Detailfülle dies zu geschehen hat, wird nicht näher ausgeführt. Dies führt häufig dazu, dass die Auswahl durch den jeweiligen, meist ärztlichen Dozenten, geschieht und sich mitunter weniger an der speziellen Bedarfslage von Ergotherapeuten orientiert, weil der Bezug zu dem, was Ergotherapeuten in ihrem Berufsalltag tun, nicht so gut hergestellt werden kann. Erfahrungsgemäß sind diese Dozenten dann auch darin unsicher, was zu vermitteln wichtig ist und was nicht.

Unterricht ist kein statischer Prozess, in dem nur Kernfakten vermittelt werden. Sondern Unterricht gestaltet sich in der Regel als interaktioneller Prozess, in dem zu manchen Inhalten „Geschichten“ erzählt werden, durch Fragen manchmal vom Thema abgewichen oder in ein nicht lernrelevantes Detail gegangen wird. Jeder Lehrende kennt wahrscheinlich die Frage „Müssen wir das für die Prüfung wissen?“ oder „Ist das wichtig?“. Das Vermittelte ist so vielgestaltig und so vielschichtig, dass ein Schüler nicht alles, was im Unterricht thematisiert wird, lernen kann oder als fundamentales Wissen behalten muss. Schüler brauchen also eine Orientierung darüber, was sie für ihren Beruf und auch für ihre Prüfungen unbedingt wissen sollten.

In diesem Kompendium wurde das für Ergotherapeuten relevante Wissen prägnant zusammengefasst. Es kann für **Dozenten ein Leitfaden** sein, welche Unterrichtsinhalte standardgemäß vermittelt werden sollten und was als Prüfungsinhalt in Frage kommt.

Insbesondere soll das Buch aber eine **Lernhilfe für Schüler** darstellen, um sich auf Prüfungen vorzubereiten.

Das Buch ist konzeptionell so aufgebaut, dass es sich an Funktionseinheiten orientiert und diese als Gesamtsystem betrachtet. Topographische, funktionale und physiologische Bedingungen werden verknüpft beschrieben mit der Absicht, Zusammenhänge besser verständlich zu machen.

Durch die Benutzung einer fachmedizinischen Nomenklatur und der Einführung auch deutscher Bezeichnungen legt der Autor die Basis dafür, dass zum einen die Beherrschung einer Fachsprache gelernt werden kann, was eine notwendige Voraussetzung für eine schnelle und unproblematische interdisziplinäre Zusammenarbeit im beruflichen Feld ist. Zum anderen entsteht die Grundlage für eine sprachliche Ausdrucksform, welche die Kommunikation mit und für den Klienten verständlich verlaufen lassen kann.

Anders als in den gängigen, nicht ergotherapiespezifischen Fachbüchern dieser Art, stellt der Autor auch Verbindungen her zwischen funktional-kognitiven Strukturen und kognitiven Prozessen, etwa dem Denken und Gedächtnis oder der Wahrnehmung. Darin zeigt sich die spezifische Ausrichtung auf die Ergotherapie in besonderem Maße.

Beim Lernen für Prüfungen kommt der einfachen Adaptierbarkeit der Lernmedien große Bedeutung zu.

Lernen, als Aufnahme von Wissen, muss ein Akt sein, der absichtsvoll und gezielt ausgerichtet ist und der systematisch-organisiert aufgebaut werden kann. Entsprechend hilft es beim Lernen, wenn die Lernmedien didaktisch so gestaltet sind, dass

- Selektionsprozesse (wichtig/unwichtig) minimiert werden;
- durch „Marker“ die Wahrnehmung auf Wesentliches gelenkt wird;
- Inhalt und Sprache eine gewisse Kürze und Prägnanz aufweisen, so dass Verstehen und Merkprozesse leichter fallen;
- ein struktureller Überblick angeboten wird, der hilft, das Einzelne in ein Gesamtes einzuordnen und umgekehrt;
- die Lerninhalte in einen sinnbesetzten Gesamtzusammenhang gestellt werden.

Jürgen Zervos-Kopp, Krankenpfleger und Medizinpädagoge (Unterrichtspfleger) mit langjähriger Unterrichtserfahrung in Anatomie und Physiologie, auch in der Ausbildung von Ergotherapeuten, ist es mit diesem Kompendium gelungen, den oben erwähnten Kriterien zu entsprechen und einen wesentlichen Beitrag zur Standardisierung von ergotherapeutischem Bezugswissen zu leisten.

Karin Götsch

Frankfurt im November 2006

Dipl. Medizinpädagogin, Ergotherapeutin,

Ehemalige Schulleiterin der Schule für Ergotherapie
an den Städtischen Kliniken

Frankfurt a. M. - Höchst

Vorwort

Ich war über 18 Jahre in der theoretischen Ausbildung tätig und habe angehende Ergotherapeuten u.a. in den Fächern Biologie, Anatomie und Physiologie unterrichtet. Obwohl an die Lehrtätigkeit bei Pflegepersonal und Rettungsassistenten gewöhnt, war bei den angehenden Ergotherapeuten manches anders. Zum einen waren die Schüler damals älter als in den anderen bisher unterrichteten Berufen und übten z.T. bereits vorher andere Berufe aus oder begannen erst nach der Familienphase relativ spät eine Ausbildung. D.h. sie wagten sich unvoreingenommen, aber mit großem Respekt und einem „mulmigen“ Gefühl an die Theorie des Aufbaus und der Funktion des menschlichen Körpers. Andererseits begegnete mir in diesem therapeutischen Berufszweig das Novum, dass die Abschlussprüfung in diesem Fach ausschließlich mündlich erfolgt. Dies bedeutete, dass während des Unterrichtes gleichzeitig mehrere Ebenen zu berücksichtigen waren: Neben der rein fachlichen, medizinischen Ebene musste die terminologische/sprachliche und die individuelle Ebene, mit all ihren Unsicherheiten und Ängsten, bedacht werden. Daraus ergab sich ein neues Vorgehen in der Vermittlung des Inhaltes. Aus den gemachten Erfahrungen entstand die Idee, dieses Konzept einem größeren Kreis angehender (oder bereits ausgebildeter) Ergotherapeuten zugänglich zu machen mit dem Ziel, sich schnell, effizient und sicher auf die bevorstehende Prüfung vorzubereiten (oder in Vergessenheit Geratenes aufzufrischen).

Das vorliegende Buch soll den Unterricht begleiten und verbindet den Inhalt des Fachs Anatomie/Physiologie mit den nötigen Übersetzungen bzw. Erklärungen der medizinischen Fachsprache, ergänzt durch Originalfragen aus den mündlichen Prüfungen. Zu den Fragen sei angemerkt, dass diese nur einen Teil einer möglichen Prüfung abdecken und grundsätzlich als Hilfestellung, für die Formulierung eigener, weiter in die Thematik gehender Fragen zu verstehen sind.

Dem Thieme Verlag möchte ich hiermit danken, dass diese Idee umgesetzt werden konnte. Danken möchte ich auch der Ärztin und Redakteurin Frau Claudia Franke, die dem Manuskript eine „schlanke“ Form gegeben und mit ihren konstruktiven Anregungen zum guten Gelingen beigetragen hat. Letztendlich danke ich allen Schülern, die in der Vergangenheit bereit waren, ihre anfänglichen Ängste zu überwinden, für ihre Motivation, ohne die das Verstehen des Fachinhaltes unendlich schwerer wird, und für ihr unermüdliches Nachfragen, bis das anatomische „Handwerkszeug“ verstanden war, um sich auf die Prüfung vorzubereiten.

„Gebrauchsanweisung“

Der Inhalt des vorliegenden Lernbuchs erschließt sich auf drei möglichen Wegen:

- Zu Beginn fast jeden Kapitels, und wenn erforderlich auch in Unterkapiteln, finden sich Ablaufdiagramme, mit denen „auf einen Blick“ das Wesentliche deutlich wird.
- An der rechten Randspalte ist der Inhalt des Haupttextes stichwortartig zusammengefasst, die Stichworte dienen der Selbstkontrolle: Indem man den Haupttext abdeckt, kann man prüfen, ob man den Stoff ausreichend beherrscht.
- Im Haupttext erfolgt eine Erläuterung des Stoffes, der z.T. durch Abbildungen veranschaulicht wird, sowie die Inhalte der Diagramme und der Randspalte.

Ziel dieses Aufbaus ist es, das bereits im Unterricht Gelernte so zusammenzufassen, dass damit individuelle fachliche Unsicherheiten erkannt werden, daraus Lernschwerpunkte entstehen und so mit einer schnellen und sicheren Prüfungsvorbereitung möglich ist.

Lern- und Prüfungstipps

Sicherlich existiert eine große Zahl von Lernstrategien. Diese hier näher beleuchten zu wollen, würde den Rahmen sprengen. Trotzdem sollten einige grundsätzliche Regeln bei der Prüfungsvorbereitung bedacht werden:

- **Feste Lernzeiten einplanen.** Möglichst zur gleichen Tageszeit, mit einer begrenzten Dauer und ausreichend Pausen lernen. Dies führt zu einer Lernstruktur, vergleichbar eines Stundenplanes, die eine „innere“ Bereitschaft zum Lernen fördert. Dabei sind lernphysiologisch die Vormittagsstunden besser geeignet als die Nachmittagsstunden. Im Anschluss sollten Sie etwas Ruhe haben, da durch viele neue Eindrücke und hektische Aktivitäten das Behalten erschwert wird.
- **Lernzeit einteilen.** Es macht wenig Sinn „stundenlang“ zu lernen, weil dadurch die Konzentrationsfähigkeit sinkt. Werden hingegen Lerninhalte zeitlich aufgeteilt und durch Pausen unterbrochen, bleibt die Konzentration länger erhalten. Sinnvoll sind intensive Lernzeiten von 30–40 min, mit anschließend 10–15 min Pause.

- **Tägliche Lernzeit begrenzen.** In der Zeit kurz vor der Prüfung sicherlich schwerer umzusetzen als Wochen davor. Trotzdem, nach einer tägl. Lernzeit von 4–5 Stunden muss sich unser Gehirn mit etwas anderem beschäftigen, sonst leidet die Konzentration und Motivation.
- **Lerninhalte abwechseln.** Ähnliche oder gleichartige Lerninhalte stören und überlagern sich. Deshalb Kapitel oder Fächer parallel oder abwechselnd lernen, die sich deutlich unterscheiden. Zumal es sich in diesem Fach anbietet: Sehen Sie einen Aspekt physiologischer Regulation aus verschiedenen Perspektiven, z. B. „Wie wird der Blutdruck durch das Herz, die Niere und durch die Hormone beeinflusst?“
- **Lerngruppen bilden.** Gemeinsam lernen erhöht die Möglichkeit, eigene „Lücken“ oder nicht richtig Verstandenes deutlich zu machen und komplizierte Zusammenhänge leichter zu verstehen; eine Lerngruppe von 3–4 Personen bleibt überschaubar und kann die Motivation und den Lernspaß fördern. Machen Sie Trockenübungen, indem Sie sich gegenseitig Fragen beantworten.
- **Inneren Dialog mit dem Lernstoff führen.** Stellen Sie sich eigene Fragen zum Text und geben Sie Antworten, versuchen Sie Assoziationen, Erfahrungen und Emotionen mit dem Inhalt zu verbinden, so wird er besser behalten.
- **Arbeiten Sie mit dem Stoff.** Sie können Grafiken, Mind-Maps oder Übersichten erstellen, die Sie sich an einem gut sichtbaren Platz in der Wohnung aufhängen, z. B. an der Badezimmertür oder dem Kühlschrank für Inhalte oder Begriffe, die Ihnen besonders schwer fallen. Auch handwerklich lässt sich der Inhalt lernen. So hatten z. B. viele Schüler einen „Riesenspaß“ bei der Aufgabe, im Handwerksraum den Schultergürtel mit allen Bewegungsfunktionen, inkl. Muskulatur, aus selbst gewähltem Material zu bauen. Die Ergebnisse waren beeindruckend und der Schultergürtel sowie die dazugehörige Muskulatur waren in der mündlichen Prüfung das kleinste Problem.
- **Nutzen Sie alle Sinneskanäle.** Sie können den Stoff auch per Smartphone aufnehmen und ihn sich dann unterwegs anhören; Sie können Bewegungen mit dem Sprechen verbinden oder innere Bilder aktivieren. Alles das hilft dem Gedächtnis.
- **Die Thematik kontinuierlich aufarbeiten, nicht erst kurz vor Prüfungen lernen.** Eine bewährte Methode besteht im „Schwanger gehen“, d. h. versuchen, bereits Gelerntes in einen Gesamtzusammenhang, stellen und Querverbindungen herzustellen, z. B. „Welche Rolle spielen das Gleichgewichtsorgan, die Muskulatur,

die Reflexe und das Kleinhirn beim Gehen?“ etc. Diese Methode lässt sich auch im Alltag anwenden, z. B. „Was bedeutet der Name Cordula (oder z. B. Filius, Video, Komposition) eigentlich?“ (lat. Cor = Herz; Cordula, als Verkleinerungsform = Herzchen); eine kontinuierliche Anwendung dieser Methode führt zu einem leichteren Verständnis der medizinischen (lateinischen) Fachsprache, von der es in unserer Sprache mehr Begriffe gibt als zunächst erwartet.

- **Angenehme Lernatmosphäre schaffen.** Stress, schlechte Laune und Ablenkung blockieren das Speichern des Gelernten. Stellen Sie deshalb eine Umgebung sicher, die Ihnen das entspannte Lernen ermöglicht. Belohnen Sie jede Lernphase und sehen Sie sie als Erfolgserlebnis an. Finden Sie heraus, was Ihnen hilft zu entspannen und planen Sie auch dafür Zeit ein.

Der Tag der Prüfung

Vor und während der Prüfung ist sicherlich die eigene Nervosität zunächst das größte Problem. Erträglicher wird diese Situation, wenn auch hier einige Punkte bedacht werden:

- **Wie wirkt mein eigenes Auftreten?** Hierher gehört z. B. persönliche Präsenz, d. h. wenn ich nervös bin, darf ich es ruhig zum Ausdruck bringen. Was in einer Prüfung aber auch zählt ist, inwieweit kann ich vermitteln, dass ich meine Nervosität beherrsche.
- **Wie wirkt mein Erscheinungsbild?** Z. B. bin ich der Situation angemessen gekleidet? Durch mein Erscheinungsbild signalisiere ich meine Ernsthaftigkeit, die gewollt oder ungewollt in die Gesamtbeurteilung der Prüfung einfließt. Hier hilft vielleicht die Vorstellung eines Bewerbungsgesprächs, bei dem ein angemessenes Erscheinen z. T. entscheidend sein kann. Grundsätzlich gilt: Ich muss mich wohl fühlen, darf aber z. B. trotzdem gut gekleidet sein (evtl. ein rotes Kleid oder Hemd und passendes Jackett wirkt überzeugend und dynamisch).
- **Fragen zurückstellen.** Während der Prüfung ist es kein „Beinbruch“, Fragen, die im Moment nicht beantwortet werden können, zurückzustellen, dies auszudrücken, einen anderen Teil der Prüfung zu beantworten, um es im zweiten Anlauf nochmal zu versuchen.
- **Medizinische Begriffe bewusst einsetzen.** Während der Prüfung medizinische Begriffe verwenden, von denen ich auch weiß, was sie bedeuten (manche Prüfer reagieren auf Fachbegriffe und fragen in diese Richtung weiter). Umgekehrt können durch den

gezielten Einsatz von Fachbegriffen aber auch die Fragen des Prüfers in die gewünschte Richtung gelenkt werden.

In diesem Sinne wünsche ich allen Lesern eine gelungene Vorbereitung und eine erfolgreiche Prüfung.

Gummersbach, 2022

Vita

Krankenpfleger und Medizinpädagoge (Unterrichtspfleger), versorgte nach seiner Krankenpflegeausbildung im Jahre 1983 sechs Jahre lang Patienten aller Altersgruppen, überwiegend im intensivmedizinischen Bereich der Inneren Medizin, der Chirurgie, der Verbrennungsmedizin und der Neurologie. Seit seiner Weiterbildung zum Pädagogen unterrichtete er an der Krankenpflegeschule der Universitätskliniken Köln und der Rettungsassistentenschule der Deutschen Angestellten-Akademie in Köln. Um den Bezug zur praktischen Pflege nicht zu vernachlässigen, arbeitete er zeitweise in der ambulanten Pflege und baute einen ambulanten Pflegedienst auf. Er war über 18 Jahre in der theoretischen Ausbildung von Pflegepersonal und Ergotherapeuten tätig und ist mittlerweile Geschäftsführer einer ergotherapeutischen Praxis, in der er die praktische Ausbildung von Schülern begleitet. Seine bisherigen Erfahrungen bestätigen die Notwendigkeit einer engen Verzahnung von theoretischem Wissen und praktischem Können, was ihn in seiner gesamten beruflichen Tätigkeit begleitet und geleitet hat und für ihn als Zielsetzung an erster Stelle steht. Als vierfacher Vater bleibt ihm für seine Leidenschaft, das Motorradfahren, wenig Zeit, die er aber unter dem Motto „Der Weg ist das Ziel“ so oft es geht nutzt.



Inhaltsverzeichnis

1	Zelle	6
1.1	Zellbestandteile	7
1.1.1	Zellmembran	8
1.1.2	Zytoplasma	9
1.1.3	Zellorganellen	9
1.1.4	Zellkern	12
1.2	Fähigkeiten	15
1.2.1	Stoffwechsel	15
1.2.2	Kommunikation	17
1.2.3	Vermehrung	18
1.2.4	Spezielle Fähigkeiten	18
1.3	Zellteilung	18
1.3.1	Replikation	19
1.3.2	Mitose	20
1.3.3	Meiose	22
1.4	Stofftransport zwischen Zelle und Umgebung	24
1.4.1	Verteilung und Zusammensetzung der extrazellulären Flüssigkeit	25
1.4.2	Verteilung und Zusammensetzung der intrazellulären Flüssigkeit	25
1.4.3	Passive Transportmechanismen	25
1.4.4	Aktive Transportmechanismen	27
1.5	Genetik (Vererbungslehre)	28
1.5.1	Definitionen	28
1.5.2	Vererbungsregeln der Autosomen	29
1.5.3	Geschlechtsgebundene Erbgänge	33
1.6	Fragen zum Thema	35

2	Gewebe	38
2.1	Entwicklung	39
2.2	Epithelgewebe	40
2.3	Binde- und Stützgewebe	42
2.3.1	Bestandteile	42
2.3.2	Bindegewebsformen	44
2.3.3	Stützgewebeformen	46
2.4	Muskelgewebe	52
2.4.1	Aufbau der Muskulatur	52
2.4.2	Muskelgewebearten	56
2.5	Nervengewebe	57
2.5.1	Neuron	58
2.5.2	Neuroglia	61
2.5.3	Synapsen	62
2.6	Zellkontakte	63
2.7	Fragen zum Thema	64
3	Bewegungsapparat	68
3.1	Allgemeine Skelettanatomie	68
3.1.1	Aufbau der Röhrenknochen	69
3.1.2	Gelenke	70
3.1.3	Gelenkformen und Bewegungsmöglichkeiten	73
3.2	Allgemeine Muskellehre	76
3.3	Spezielle Skelettanatomie und Muskulatur	81
3.3.1	Wirbelsäule	83
3.3.2	Thorax	92
3.3.3	Obere Extremität	95
3.3.4	Untere Extremität	119
3.3.5	Kopf und Hals	137
3.4	Fragen zum Thema	147

4	Herz-Kreislauf-System	152
4.1	Herz	152
4.1.1	Lage und Form	153
4.1.2	Aufbau.	154
4.1.3	Herzmechanik	156
4.1.4	Herzelektrik	157
4.1.5	Blutversorgung des Herzens	159
4.2	Gefäßsystem	159
4.2.1	Blutgefäßsystem.	160
4.2.2	Lymphsystem	165
4.3	Kreislauf.	166
4.3.1	Kreislaufarten.	166
4.3.2	Kreislaufregulation.	169
4.4	Fragen zum Thema	177
5	Blut, Lymphe und Immunsystem	182
5.1	Blut	182
5.1.1	Zusammensetzung und Aufgaben	182
5.1.2	Blutbildung.	186
5.1.3	Blutgruppen	187
5.1.4	Blutstillung und Blutgerinnung.	191
5.1.5	Erregerabwehr und Immunsystem.	194
5.2	Lymphe.	198
5.3	Fragen zum Thema	202
6	Atmungsorgane und Atmung	206
6.1	Anatomische Grundlagen	207
6.1.1	Obere Luftwege	207
6.1.2	Untere Luftwege.	212
6.1.3	Lunge (Pulmo)	213

6.2	Atmung	214
6.2.1	Lungen- und Atemvolumen	216
6.2.2	Atemfrequenz und Atemzeitvolumen	217
6.2.3	Gasaustausch und Transport	218
6.2.4	Atmungsregulation	220
6.3	Fragen zum Thema	221
7	Verdauungsorgane und Verdauung	224
7.1	Einführung	224
7.1.1	Aufgaben	224
7.1.2	Einteilung	225
7.1.3	Allgemeiner Aufbau	226
7.2	Kopfdarm	226
7.2.1	Mundhöhle (Cavitas oris)	226
7.2.2	Pharynx (Rachen)	229
7.3	Rumpfdarm	230
7.3.1	Ösophagus (Speiseröhre)	230
7.3.2	Magen (Gaster)	231
7.3.3	Dünndarm (Enteron, Intestinum tenue)	233
7.3.4	Bauchspeicheldrüse (Pankreas)	235
7.3.5	Dickdarm (Kolon)	237
7.3.6	Leber (Hepar)	239
7.4	Stoffwechsel, Ernährung und Nahrungsbestandteile	243
7.4.1	Eiweiß und Proteinverdauung	245
7.4.2	Kohlenhydrate und Kohlenhydratverdauung	245
7.4.3	Fett und Fettverdauung	246
7.4.4	Vitamine	247
7.4.5	Mineralstoffe	248
7.5	Fragen zum Thema	249

8	Niere und harnableitende Wege	254
8.1	Nieren	255
8.2	Nephron	257
8.3	Regulation des Salz- und Wasserhaushaltes	260
8.3.1	Renin-Angiotensin-System (RAS)	261
8.3.2	Aldosteron, ADH und ANP	262
8.4	Ableitende Harnwege	264
8.4.1	Harnleiter (Ureter)	264
8.4.2	Harnblase (Vesica urinaria)	265
8.4.3	Harnröhre (Urethra)	265
8.5	Fragen zum Thema	267
9	Geschlechtsorgane	270
9.1	Weibliche Geschlechtsorgane	271
9.1.1	Eierstöcke (Ovarien)	272
9.1.2	Eileiter (Tubae uterinae)	273
9.1.3	Gebärmutter (Uterus)	273
9.1.4	Vagina (Scheide)	275
9.1.5	Äußere Geschlechtsorgane	275
9.1.6	Brust	276
9.2	Männliche Geschlechtsorgane	278
9.2.1	Hoden (Testis)	279
9.2.2	Nebenhoden (Epididymis)	280
9.2.3	Akzessorische Geschlechtsdrüsen	281
9.2.4	Äußere Geschlechtsorgane	282
9.3	Fragen zum Thema	283

10 Nerven und Nervensystem	286
10.1 Zentrales Nervensystem	289
10.1.1 Gehirn	289
10.1.2 Rückenmark.....	308
10.1.3 Schutzeinrichtungen, Liquor und Liquorräume	315
10.1.4 Blutversorgung	319
10.2 Peripheres Nervensystem	323
10.2.1 Nerven, Nervenfasern und Neurotransmitter	324
10.2.2 Spinalnerven	325
10.2.3 Hirnnerven.....	330
10.3 Vegetatives Nervensystem	333
10.3.1 Sympathikus	335
10.3.2 Parasympathikus.....	337
10.4 Gedächtnis und Lernen	340
10.4.1 Gedächtnis	340
10.4.2 Lernen	346
10.4.3 Exekutive Funktionen	351
10.5 Fragen zum Thema	353
11 Sinne und Sinnesorgane	360
11.1 Haut und Somatosensorik	361
11.1.1 Anatomische Grundlagen	361
11.1.2 Sinneswahrnehmung	366
11.2 Auge und Sehen	372
11.2.1 Lage und Aufbau	374
11.2.2 Sehen	379
11.3 Ohr, Hören und Gleichgewicht	388
11.3.1 Aufbau und Funktion	388
11.3.2 Hören	392
11.3.3 Gleichgewicht	396
11.4 Geruch und Riechen	401
11.5 Geschmack und Schmecken	402

11.6	Wahrnehmung und Verarbeitung der Sinnes- eindrücke	405
11.6.1	Wahrnehmung	405
11.6.2	Verarbeitung	405
11.7	Fragen zum Thema	407
12	Hormonsystem und Hormone	412
12.1	Hormonbildung	414
12.2	Hormone	415
12.2.1	Allgemeine Hormonwirkung	416
12.2.2	Übersicht und Wirkung der Hormone	417
12.3	Hypothalamus-Hypophysen-System	420
12.3.1	Grundlagen	420
12.3.2	Regelung der Hormonausschüttung	421
12.4	Epiphyse	422
12.5	Schilddrüse	422
12.5.1	Aufbau	422
12.5.2	Hormonfunktion	423
12.5.3	Nebenschilddrüsen (Glandulae parathyroideae)	423
12.6	Pankreas	425
12.6.1	Grundlagen	425
12.6.2	Hormonfunktionen	425
12.7	Nebennieren	426
12.7.1	Nebennierenrinde	426
12.7.2	Nebennierenmark	429
12.8	Geschlechtshormone	429
12.8.1	Hoden	430
12.8.2	Eierstöcke	430
12.9	Fragen zum Thema	432

Bildquellennachweis	435
Literatur	436
Sachverzeichnis	437

Richtungs- und Lagebezeichnungen

Zur gemeinsamen, eindeutigen Kommunikation ist eine einheitliche Orientierung am menschlichen Körper unabdingbar. Ausgehend von der anatomischen Normalposition:

- aufrechter Stand,
- Blick nach vorne,
- Hände supiniert (= Radius und Ulna parallel),

werden folgende gesammelten Richtungsbezeichnungen am **Stamm** angewendet.

Lagebezeichnung	Bedeutung
kranial oder superior	zum Kopf oder der Obere
kaudal oder inferior	zum Steißende oder der Untere
ventral oder anterior	zur Bauchseite oder der Vordere
dorsal oder posterior	zum Rücken oder der Hintere
medial	zur Mitte
lateral	zur Seite
dexter	rechts
sinister	links

An den **Extremitäten** finden die folgenden Bezeichnungen Anwendung:

Lage-/Richtungsbezeichnung	Bedeutung
proximal	rumpfnah
distal	rumpffern
radial	zum Radius (Speiche = Daumenseite)
ulnar	zur Ulna (Elle = Kleinfingerseite)
tibial	zur Tibia (Schienbein = Großzehenseite)
fibular	zur Fibula (Wadenbein = Kleinzehenseite)
palmar (volar)	zur Handfläche (Hohlhand)
plantar	zur Fußsohle
dorsal	zum Hand- bzw. Fußrücken

Zur allgemeinen Körpereinteilung wird der Körper in der Regel durch drei **Hauptachsen**, die denen des Raumes entsprechen, in unterschiedliche Bereiche eingeteilt. Von den Hauptachsen, die

senkrecht zueinander stehen, werden dazugehörige **Ebenen** definiert:

Achse	Ebene	Resultat
Längsachse (Vertikal- oder Longitudinalachse): entspricht dem Hähnchenspieß beim Grillen	Frontalebene (von lat. frons = Stirn)	teilt den Körper in einen vorderen und hinteren Bereich
Querachse (Transversal- oder Horizontalachse): entspricht der Reckstange beim Turnen	Transversalebene	teilt den Körper in einen oberen und unteren Bereich
Sagittalachse (Pfeilachse [lat. sagitta = Pfeil]): entspricht der Achse beim Rad schlagen	Medianebene (Sagittalebene)	teilt den Körper in einen rechten und linken Bereich

Grundsätzlich sind die Bereiche immer aus der Sicht des Patienten zu sehen, d. h. rechts = rechte Seite, links = linke Seite des Patienten usw.

Von den Hauptebenen lassen sich weitere parallele Ebenen oder Linien denken, die der näheren Orientierung dienen und oft nach den darunter liegenden Strukturen bezeichnet werden, z. B. die **Medioklavikularlinie** (in der Mitte des Schlüsselbeins = Klavikula), die z. B. bei der EKG-Ableitung als Anhaltspunkt dient. Zur Orientierung an der Körperoberfläche werden u. a. entweder

- Muskel- oder Sehnenerscheinungen,
- Organe oder
- Knochenvorsprünge genutzt.

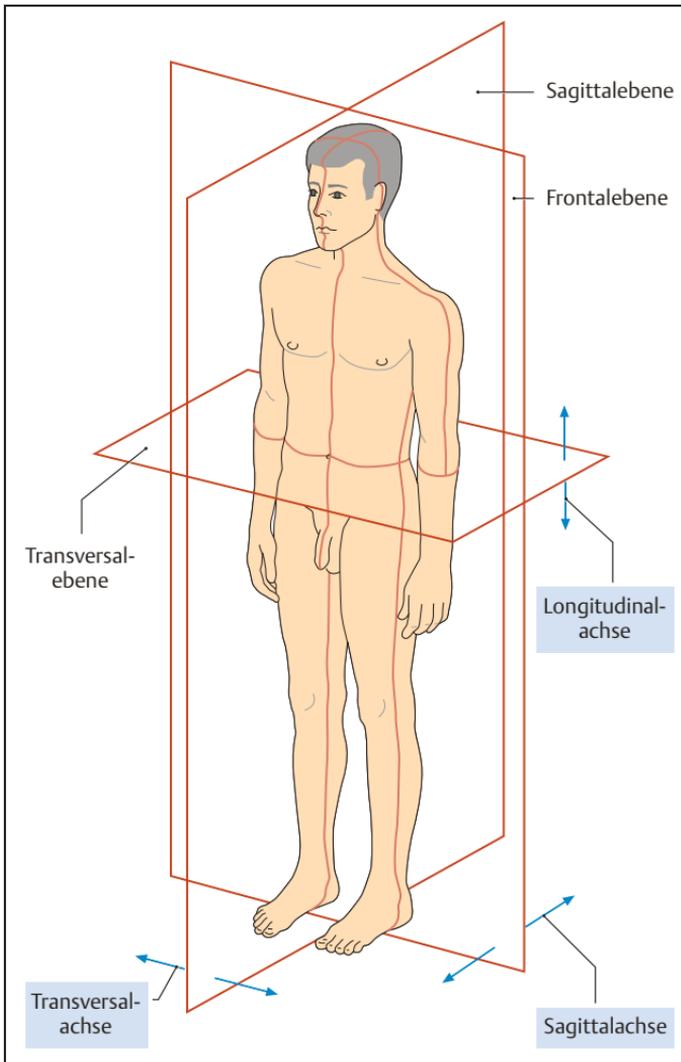


Abb. 0.1 Hauptebenen und Hauptachsen am Körper des Menschen. (Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. Stuttgart: Thieme; 2005)

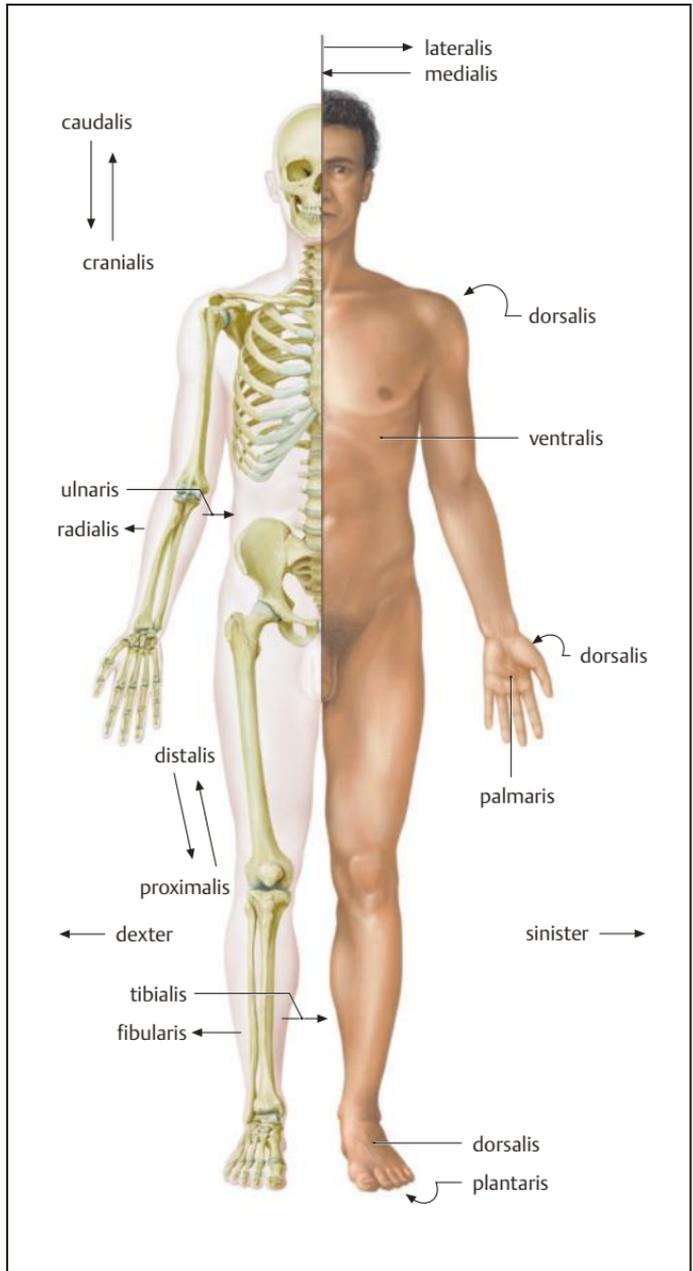


Abb.0.2 Anatomische Normalposition. (Quelle: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. Stuttgart: Thieme; 2005)

1 Zelle 6

1.1 Zellbestandteile 7

1.2 Fähigkeiten 15

1.3 Zellteilung 18

1.4 Stofftransport zwischen Zelle und
Umgebung 24

1.5 Genetik (Vererbungslehre) 28

1.6 Fragen zum Thema 35

1 Zelle

Die Zelle ist die kleinste lebensfähige Einheit.

Strukturelemente einer Zelle

- Zellmembran
- Zytoplasma
- Zellorganellen
- Zellkern (außer reife Erythrozyten)

Die Zellen sind die kleinsten, funktions- und lebensfähigen **Grundbausteine** aller Lebewesen. Je nach Aufgabe unterscheiden sie sich in ihrer Form, Größe und Funktion erheblich, wobei ihre Gestalt und Struktur immer im Zusammenhang mit ihrer Funktion steht. So sind z. B. Muskelzellen eher flach und kurz, Nervenzellen mit ihren Ausläufern bis zu einem Meter lang, Eizellen rund und Epithelzellen eher würfelförmig. Erythrozyten (rote Blutkörperchen) müssen, um alle Bereiche des Körpers mit Sauerstoff versorgen zu können, extrem klein sein und werden ständig ausgetauscht (160 Mio./min). Nervenzellen dagegen bleiben ein Leben lang erhalten, sind dafür aber hochspezialisiert.

Trotz ihrer unterschiedlichen Differenzierung (spezialisierte Funktion und Struktur) weisen Zellen u. a. folgende gemeinsame **Strukturelemente** (s. Abb. 1.1) auf:

- eine **Zellmembran** (Hülle),
- das **Zytoplasma** (Flüssigkeit),
- die **Zellorganellen** (Funktionseinheiten),
- mindestens einen **Zellkern** (reife Erythrozyten haben allerdings keinen Zellkern).

Diese Elemente werden in den nachfolgenden Abschnitten erläutert.

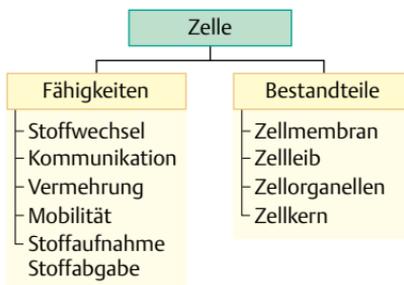


Diagramm 1.1: Übersicht zum Thema Zelle

1.1 Zellbestandteile

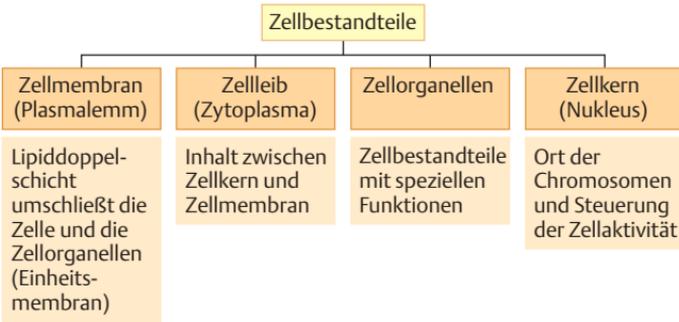


Diagramm 1.2: Zellbestandteile

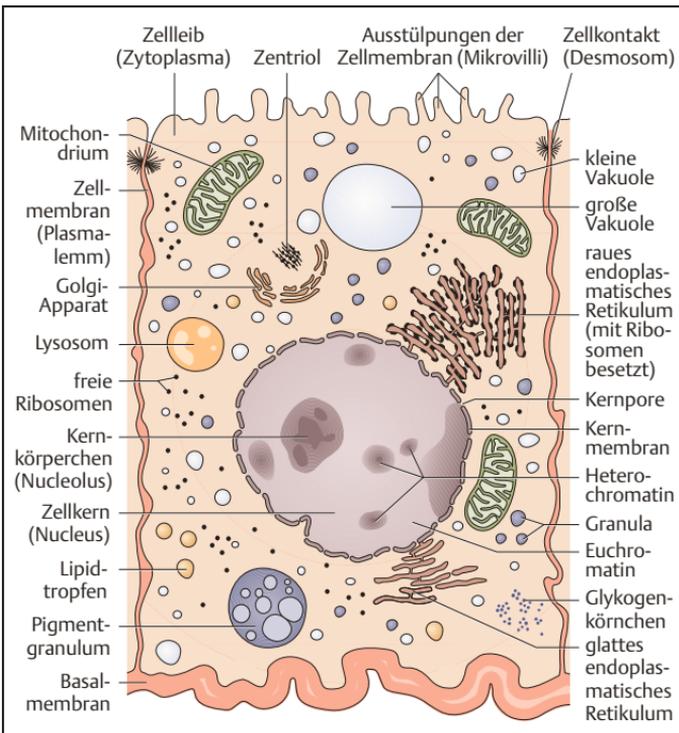


Abb. 1.1 Schematische Darstellung einer Zelle mit ihren Organellen. (Quelle: Faller A, Schünke M, Schünke G. Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion. 14. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2004)

Zellmembran

Abgrenzung der Zelle und Zellorganellen, Regulation des Stoffaustausches mit der Umgebung

Aufbau der Zellmembran

- hydrophile und hydrophobe Anteile
- eingelagerte Proteine
- Glykokalix aus Kohlehydraten

Semipermeabilität
Selektive Durchlässigkeit der Zellmembran**Oberflächenvergrößerung durch Mikrovilli**

1.1.1 Zellmembran

Das Plasmalemm (**Zellmembran**) umschließt die Zelle und grenzt so den Intrazellularraum (Zellinneres) gegen den Extrazellularraum (Raum außerhalb der Zelle) ab. Darüber hinaus umgibt die Zellmembran die Zellorganellen im Inneren, weswegen sie auch als Einheitsmembran bezeichnet wird, und ist für den Stoffaustausch mit dem Extrazellularraum verantwortlich.

Aufbau und Funktion

Die Zellmembran ist aus einer **Lipiddoppelschicht** (Lipide = Fette) aufgebaut, bei der die hydrophilen (wasserlöslichen) Anteile jeweils zur Membrangrenze nach innen und außen zeigen und die hydrophoben (wasserunlöslichen) Enden dazwischen liegen. Zusätzlich sind in der Membran mehr oder weniger durchlässige **Proteine** (Eiweiße) mit unterschiedlicher Funktion eingelagert. So sorgen Carrierproteine (Transportproteine) für den geregelten Transport von großen Molekülen und Salzen, die ansonsten die Zellmembran nicht passieren könnten. Andere Proteine dienen als Rezeptoren für Hormone und der Erkennung artfremder Zellen. Außerdem tragen ein Teil der Proteine Kohlehydrate (Zuckermoleküle), die wie „Antennen“ in den Extrazellularraum ragen und zusammen als **Glykokalix** bezeichnet werden. Diese bildet z. B. die Grundlage der Blutgruppenzugehörigkeit oder der Immunabwehr. Die Glykokalix dient auch dem gegenseitigen Erkennen bzw. der Adhäsion (Zusammenschluss) von Zellen.

Semipermeabilität

Die wichtigste Eigenschaft der Zellmembran liegt in ihrer Semipermeabilität (selektiven Durchlässigkeit): Während manche Stoffe ungehindert ausgetauscht werden können, stellt sie für große Moleküle ein **Diffusionshindernis** dar, das nur mit Hilfe der Carrierproteine überwunden werden kann. Diese spielen daher eine wichtige Rolle bei der Veränderung der Permeabilität, die wiederum Voraussetzung für die Erregungsbildung und -leitung in z. B. Nervenzellen ist.

Oberflächenvergrößerung

Die Zellmembran kann, besonders bei resorbierenden Zellen (z. B. Dünndarmepithelzellen), durch **Mikrovilli** (fingerförmige Ausstülpungen) ihre Oberfläche bis zum 50-fachen vergrößern.

1.1.2 Zytoplasma

Als Zytoplasma (Zelleib) wird der Inhalt bezeichnet, der sich zwischen Zellmembran und Zellkern befindet. Es besteht aus dem **Hyaloplasma** (intrazelluläre Matrix), in der die Zellorganellen und das **Paraplasma** (Ausgangs- und Endprodukte des Stoffwechsels) eingeschlossen sind.

Zytoplasma

- Hyaloplasma
- Paraplasma

1.1.3 Zellorganellen

Organellen sind Feinstrukturen der Zelle, die spezielle Funktionen erfüllen.

Zellorganellen

Strukturen mit speziellen Funktionen

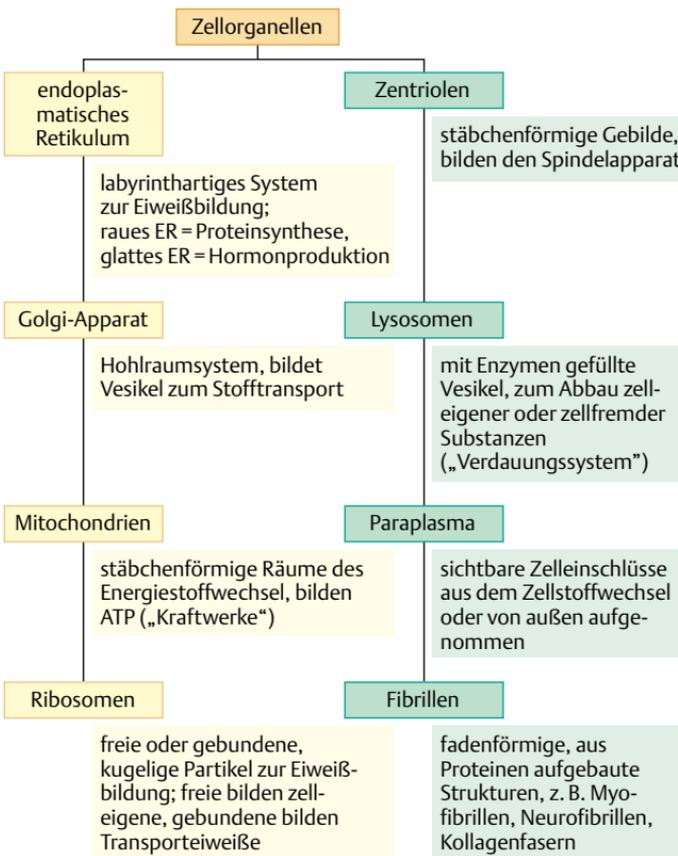


Diagramm 1.3: Zellorganellen

Endoplasmatisches Retikulum

- raues ER mit Ribosomenbesatz
- glattes ER ohne Ribosomen

Golgi-Apparat
Aufnahme und Transport von in der Zelle gebildeten Stoffen.

Mitochondrien
Bildung von ATP als wichtigster Energielieferant.

Endoplasmatisches Retikulum (ER)

Das endoplasmatische Retikulum (ER) bildet innerhalb der Zelle ein labyrinthartiges Hohlraumsystem, das mit einer Einheitsmembran gegen das Zytoplasma abgegrenzt und mit der Kernmembran und dem Plasmalemm verbunden ist. Es ermöglicht den **Stofftransport** innerhalb der Zelle.

Das ER wird eingeteilt in das raue und das glatte endoplasmatische Retikulum. Beim rauen ER sind auf der Zytoplasmaseite Ribosomen (Organellen, in denen die Proteinsynthese stattfindet, s. u.) angelagert. Die von den Ribosomen gebildeten Proteine können direkt über die Kanäle des ER transportiert werden.

Das glatte ER ist nicht mit Ribosomen besetzt und findet sich vor allem in Zellen, die Hormone oder Lipide synthetisieren. Bis auf reife Erythrozyten und Thrombozyten besitzen alle menschlichen Zellen ein ER.

Golgi-Apparat

Der Golgi-Apparat besteht aus Stapeln flacher Hohlräume, die von einer Einheitsmembran umgeben sind. Seine Hauptaufgabe besteht in der Aufnahme und im Transport von in der Zelle gebildeten Stoffen. Nach der Aufnahme der Substanzen schnüren sich am Rande der Stapel sog. Vesikel (Bläschen) ab, die durch das Zytoplasma wandern, mit der Zellmembran verschmelzen und so ihren Inhalt aus der Zelle schleusen. Diesen Vorgang nennt man **Exozytose**. Bildlich gesehen, dient der Golgi-Apparat der Zelle als „Autobahn“. Durch seine Membranen wird auch die Zellmembran erneuert.

Mitochondrien

Prozesse, wie der aktive Transport durch die Zellmembran, die Synthese von Proteinen, der Aufbau neuer Zellstrukturen, die Kontraktion des Muskels, benötigen Energie.

Als „Kraftwerke“ der Zelle bilden die stäbchenförmigen Mitochondrien abgeschlossene Räume für den **Energiestoffwechsel** und liefern den „Universalbrennstoff“ **ATP** (Adenosintriphosphat). ATP wird aus Kohlehydraten, Fett und Eiweiß unter Verbrennung von Sauerstoff gebildet und wie bei einer Batterie gespeichert. Bei Energiebedarf wird ATP durch Abspaltung eines Phosphatmoleküls in ADP (Adenosindiphosphat) umgewandelt und dadurch Energie freigesetzt. Anschließend wird ADP wieder unter Energieaufwand in den Mitochondrien in ATP umgewandelt und gespeichert.

Mitochondrien vermehren sich ausschließlich durch Teilung. Ihre Anzahl wird dem jeweiligen Energiebedarf angepasst und schwankt zwischen einigen bis über tausend pro Zelle.

Ribosomen

Die Ribosomen sind kleine, kugelige Partikel, die frei im Zytoplasma oder an Membranen gebunden vorliegen. Grundsätzlich dienen die Ribosomen der **Proteinbiosynthese**:

- freie Ribosomen bilden zelleigene Proteine,
- gebundene Ribosomen produzieren Exportproteine (raues ER).

Zentriolen

Die Zentriolen (Zentralkörperchen) sind stäbchenförmige, röhrenartige Gebilde, die bei der **Zellteilung** eine wesentliche Rolle spielen. Sie verdoppeln sich am Anfang der Zellteilung, wandern an die entgegengesetzten Pole der Zelle und veranlassen die Bildung der Aster (Spindelapparat, s.u. Abschnitt „Mitose“), an der sich die Chromosomen (Träger der Erbinformationen) anordnen. Dies ermöglicht eine geregelte Chromosomenteilung.

Lysosomen

Lysosomen sind mit einer Einheitsmembran umschlossene, kugelförmige Körperchen, die **Enzyme** (Biotkatalysatoren) enthalten und in ihrer Funktion der „Müllverbrennung“ entsprechen.

Mit Hilfe von Hydrolasen (Enzyme, die die Spaltung chemischer Verbindungen durch Wasser beschleunigen) sind sie in der Lage, zelleigene oder zellfremde Stoffe in sich aufzunehmen und zu „verdauen“. Bei einer Zerstörung der Lysosomenmembran kann es, durch intrazelluläre Freisetzung der Hydrolasen, zur Autolyse (schwere Schädigung oder Absterben der Zelle) kommen.

Paraplasma

Darunter versteht man sichtbare **Zelleinschlüsse**, die aus dem Zellstoffwechsel stammen oder von der Zelle aufgenommen wurden. Zu den Stoffwechselprodukten zählen z.B. das Glykogen (Stärke), Lipide oder Pigmente (Farbstoffe im Körper, z.B. Melanin). Zu den aufgenommenen Stoffen gehören beispielsweise Kohle-, Metall- oder Steinstaub ebenso wie Farbstoffe (z.B. Gallenfarbstoffe oder im Experiment Tuschepartikel).

Ribosomen
Orte der Proteinsynthese

Zentriolen
Bildung der Aster (Teilungsstern) bei der Zellteilung.

Lysosomen
Hydrolasen für den Stoffabbau.

Paraplasma
Ablagerung von Stoffwechselprodukten und aufgenommenen Substanzen.

Fibrillen

Stütz-/Strukturfasern mit unterschiedlichen Funktionen (Myo-, Neuro- und kollagene Fibrillen).

Fibrillen

Fibrillen sind fadenförmige, gebündelte, aus Proteinen aufgebaute Strukturen innerhalb der Zellen mit unterschiedlichen Funktionen. Sie dienen in

- Muskelzellen als Myofibrillen,
- Nervenzellen als Neurofibrillen,
- Binde- und Stützgewebe als kollagene Fibrillen,
- extrazellulär als Kollagenfasern.

Zellkern

Steuerung des Zellstoffwechsels, enthält die Chromosomen (Erbinformation der Zelle).

1.1.4 Zellkern

Alle Zellen, mit Ausnahme reifer Erythrozyten, haben einen bis mehrere (Leber-, Muskel- oder Knochenzellen) Zellkerne. In der Regel ist der Zellkern (Nukleus) rund. Liegen mehrere Kerne vor, können sie auch eine unregelmäßige Form aufweisen.

Der Zellkern bildet mit dem Zytoplasma eine Funktionseinheit und ist das „**Steuerungselement**“ des Zellstoffwechsels. Im Zellkern befindet sich die Karyolymphe (Kernsaft), der die **Chromosomen** sowie einen oder mehrere Nukleoli (Kernkörperchen) enthält.

Abgegrenzt wird der Kern vom Zytoplasma durch die Kernhülle, eine doppelte Einheitsmembran, deren inneres Blatt die Kernmembran darstellt und deren äußeres Blatt zum rauen ER gehört und an mehreren Stellen mit diesem verbunden ist. Durch diese Verschmelzungen entstehen zahlreiche Poren, durch die ein Stoffaustausch zwischen Zellkern und Zytoplasma möglich ist.

Nukleolus

Ort der RNA-Synthese.

Nukleolus

Der Nukleolus befindet sich innerhalb der Kernmembran und ist selbst von keiner Membran umschlossen. Er hat die Aufgabe, RNA (ribonucleic acid = Ribonukleinsäure) zu bilden. Diese ist wiederum für die Proteinbiosynthese erforderlich.

Chromosomen

- Träger der Gene
- spiralisierte Form in der Interphase sichtbar
- 46 menschliche Chromosomen: 22 homologe Autosomenpaare und ein heterologes Gonosomenpaar (weiblich = XX, männlich = XY)

Chromosomen

Bei den Chromosomen handelt es sich um haken- oder stäbchenförmige, membranlose Strukturen. Sie sind **Träger der Gene** (Erbinformationen) jedes Lebewesens und in artspezifischer Zahl und Gestalt in jedem Zellkern vorhanden.

Der Zellzyklus besteht aus zwei sich abwechselnden Phasen, der Mitose (Zellteilungsphase) und der Interphase (zwischen zwei Teilungen). Nur kurz vor und während der Mitose sind die Chromosomen in ihrer spiralisierten, verdichteten Form zu erkennen. In der

stoffwechselaktiven Interphase liegen sie als entspiralisiertes, aufgelockertes Chromatin vor.

Jedes Chromosom besteht aus zwei gleichen „Schwesterchromatiden“ (**Chromatiden** = identische Längshälften des Chromosoms), die an einer Stelle durch das **Zentromer** (Einschnürung) verbunden sind. Dadurch entstehen unterschiedlich lange „Chromosomen-schenkel“.

Die Körperzellen des Menschen enthalten jeweils 46 Chromosomen, die als 23 Chromosomenpaare (**diploider Chromosomensatz**) vorliegen. 22 Paare sind paarweise identisch und werden als **Autosomen** (homologe Chromosomen, homolog = übereinstimmend) bezeichnet. Bei den beiden übrigen Chromosomen handelt es sich um **Gonosomen** (heterologe Chromosomen, heterolog = nicht übereinstimmend), die das Geschlecht bestimmen. Beim weiblichen Geschlecht findet man zwei gleiche (XX), beim männlichen Geschlecht zwei ungleiche (XY) Gonosomen.

Die Autosomen sind in ihrer Form gleich und unterscheiden sich lediglich durch ihre Größe, die Länge ihrer Chromatiden und die Lage ihres Zentromers. Nach diesen Kriterien werden die einzelnen Chromosomen bestimmt, in Gruppen geordnet und in einem **Karyogramm** katalogisiert.

DNA

Alle Chromosomen bestehen aus DNA (deoxyribonucleic acid = Desoxyribonukleinsäure) und Proteinen, um die sie „aufgewickelt“ (spiralisiert) ist. Die DNA besteht aus zwei langen Ketten von Nucleotiden (Grundbausteine), die strickleiterartig zu einer **Doppelhelix** (Doppelstrang) verknüpft und schraubig gewunden sind (s. Abb. 1.2). Jedes Nucleotid ist aufgebaut aus

- einem Phosphorsäurerest,
- einem Zucker (Desoxyribose),
- jeweils einer Base (Adenin, Guanin, Thymin oder Cytosin).

Jeweils eine Hälfte wird durch Phosphat- und Zuckeranteile gebildet, die beim Aufbau des Moleküls als „Rückgrat“ dienen und an deren Zuckern rechtwinklig eine Base angelagert ist (ähnlich einer längsgeteilten Leiter mit halber Sprosse). Die komplette DNA entsteht dadurch, dass bestimmte Basen (wie Halbsprossen) durch **Wasserstoffbrücken** miteinander verbunden werden. Dabei paart sich immer Adenin mit Thymin bzw. Guanin mit Cytosin. Die **komplementären** (zusammengehörigen) Basen verhalten sich wie ein Positiv zu einem Negativ. So lagern sich bei der DNA-Replikation (originalgetreue Verdopplung der DNA, s. u.) immer komplementären

DNA

- Grundbaustein der Chromosomen
- Doppelhelix aus zwei verknüpften und spiralig gewundenen Nucleotidketten
- komplementäre Basen (Adenin/Thymin bzw. Guanin/Cytosin) über Wasserstoffbrücken verbunden

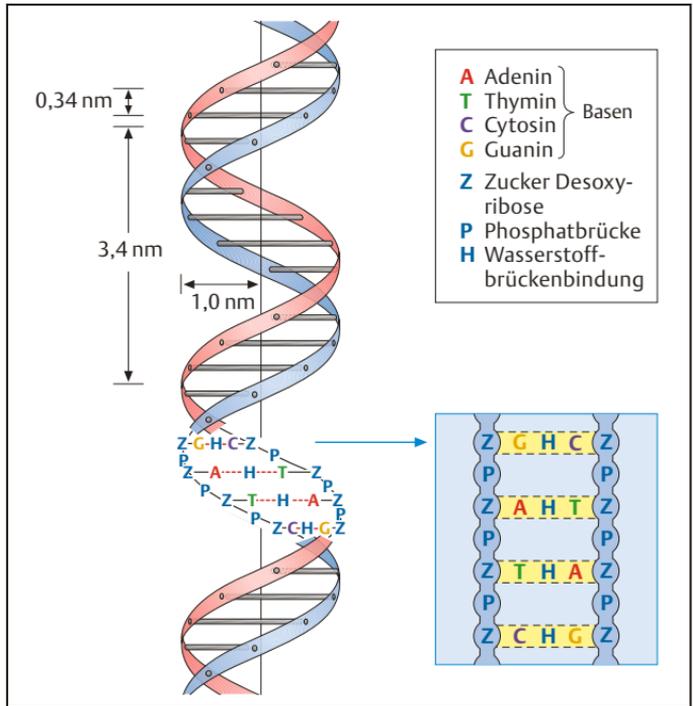


Abb. 1.2 Aufbau eines DNA-Moleküls (strickleiterartig angeordnete Doppelhelix mit Basen, Desoxyribose, Phosphatbrücken). (Quelle: Fallner A, Schünke M, Schünke G. Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion. 14. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2004)

täre Nukleotide aneinander. Auf diese Weise entstehen aus einem Doppelstrang zwei neue, völlig mit ihm identische Doppelstränge.

Gene

Gene sind die **erblichen Informationseinheiten** auf der DNA. Jeweils drei Basen in Folge (Basentriplett = Codon) legen bei der Proteinsynthese den Einbau einer bestimmten Aminosäure fest.

Alle Gene zusammen haben drei Funktionen:

- Sicherung der Erbinformation,
- Steuerung der Stoffwechsellleistungen in der Zelle,
- originalgetreue DNA-Verdopplung vor der Zellteilung (Replikation).

Gene
 Basentriplets als erbliche Informationseinheiten auf der DNA

RNA

Die RNA kommt ebenfalls in fast allen Zellen vor und dient im Wesentlichen der **Proteinbiosynthese** (s. u.). Sie ist ähnlich wie die DNA aufgebaut, weist zu ihr aber drei wesentliche Unterschiede auf:

- Sie ist nur aus einem Nukleotidstrang aufgebaut,
- als „Rückgrat“ dient der Zucker Ribose,
- anstelle des Thymins fungiert Uracil als 4. Base.

Nach ihrer Funktion können **drei Arten** unterschieden werden:

- mRNA = messenger RNA (Boten-RNA),
- tRNA = transfer RNA (Überträger- oder Übersetzer-RNA),
- rRNA = ribosomale RNA (Strukturbestandteil der Ribosomen).

1.2 Fähigkeiten

Unabhängig von ihrer Form und Größe zeigen Zellen bestimmte Fähigkeiten. Diese sind je nach **Differenzierung** unterschiedlich stark ausgeprägt.

1.2.1 Stoffwechsel

Eine Zelle kann die durch die Nahrung zugeführten und durch das Verdauungssystem aufbereiteten Nährstoffe (Eiweiße, Fette und Kohlehydrate) aufnehmen, umwandeln und die entstandenen Endprodukte wieder ausscheiden. Auf diese Weise bleiben die Zellen als lebensfähige Einheit erhalten und erfüllen ihre Aufgabe für den Gesamtorganismus. Die daraus entstehende und benötigte Energie wird von den Mitochondrien in Form von ATP als Stoffwechselprodukt bereitgestellt.

Proteinbiosynthese

Proteine erfüllen im Körper lebenswichtige Funktionen. Sie dienen

- als Funktionsproteine (z. B. Enzyme) der Stoffwechselregulation,
- als Strukturproteine dem Zell- und Körperaufbau,
- als „Ausscheidungsproteine“ (z. B. Hormone) der Informationsübermittlung.

Die Proteinbildung, als Hauptaufgabe der Zelle, erfolgt in der stoffwechselaktiven Interphase, wird durch die Gene (s. o.) gesteuert und findet an den Ribosomen statt (s. Abb. 1.3).

RNA

Strukturunterschiede zur DNA: nur aus einem Strang aufgebaut (Halbsprosse)

Funktionsarten:

- mRNA
- tRNA
- rRNA

Fähigkeiten einer Zelle

- Stoffwechsel
- Kommunikation
- Vermehrung
- Mobilität
- Stoffabgabe, -aufnahme

Stoffwechsel

Aufnahme und Umwandlung von Nährstoffen, Abgabe und Ausscheidung von Endprodukten.

Proteinbiosynthese

Hauptaufgabe der Zellen während der Interphase mittels:

- Transkription und
- Translation

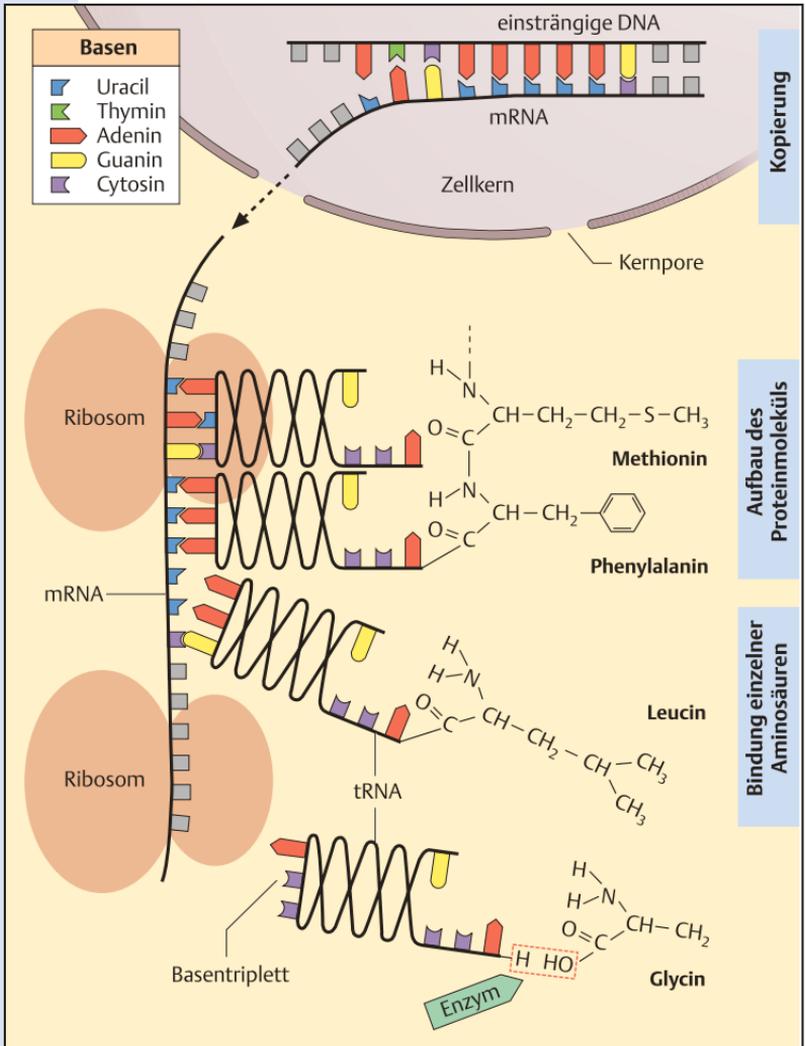


Abb. 1.3 Proteinsynthese: Übertragung der Bauanweisungen durch Kopie (mRNA) der einsträngigen DNA (Transkription). Anschließend Aufbau des Proteins an der Oberfläche der Ribosomen (Translation) durch gezielte Anordnung von Aminosäuren gemäß der Basenreihenfolge. (Quelle: Faller A, Schünke M, Schünke G. Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion. 14. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2004)

Dabei muss die DNA als „Originalinformation“ erhalten bleiben und darf den Zellkern nicht verlassen. Zu diesem Zweck wird als „Arbeitsanweisung“ eine Kopie der Gene erstellt, indem der **genetische**

Genetischer Code
Folge verschiedener
Codons

Transkription
„Arbeitskopie“ als
mRNA

Translation
Anticodonbildung
durch tRNA

Kommunikation
Durch Rezeptoren
vermitteltes Reiz-
Reaktions-Muster.

Code (Folge verschiedener Codons) von der entspiralisierten DNA (Chromatin) auf die mRNA komplementär übertragen wird. Diesen Vorgang nennt man **Transkription**. Die so gebildete mRNA-Kette löst sich sofort vom DNA-Strang und verlässt als „Bote“ den Zellkern und gelangt zu den Ribosomen, wo sie zu einer Zusammenarbeit mehrerer Ribosomen (Polyribosomen) führt.

Bei der **Translation** werden dann die genetischen Informationen des Codons mit Hilfe der tRNA in eine Folge von Aminosäuren übersetzt. Die tRNA übernimmt dabei die Basensequenz der mRNA passgenau und bildet das spezifische Anticodon. Im letzten Schritt werden dann bestimmte Aminosäuren nach den Anweisungen des Anticodons (bestimmte Reihenfolgen von Basentriplets bestimmen die Reihenfolge der Aminosäuren) aktiviert und daraus Proteine gebildet.

Die Eiweißsynthese erfolgt demnach in zwei Schritten:

- Transkription = Erstellung einer „Arbeitskopie“ des Codons durch mRNA von der DNA und Transport zu den Ribosomen,
- Translation = „Übersetzen“ der Information durch tRNA in den Ribosomen und Bildung des Anticodons mit anschließender Aktivierung der spezifischen Aminosäuren.

1.2.2 Kommunikation

Die Zellen sind in der Lage, untereinander Informationen auszutauschen und darauf zu reagieren. Grundlage der Kommunikation ist die Fähigkeit, Reize aufzunehmen und diese Reize speziell zu beantworten (Reaktion). Dafür stehen unterschiedliche Mechanismen zur Verfügung.

Beispielsweise registrieren Makrophagen (unspezifische Abwehrzellen des Blutes) eingedrungene Krankheitserreger, senden daraufhin Botenstoffe aus, die in der Folge T-Lymphozyten (spezielle Abwehrzellen) aktivieren. Thrombozyten (Blutplättchen) hingegen stellen Verletzungen der Gefäßinnenwand fest, heften sich an, setzen dadurch den Plättchenfaktor III (PF III, syn. Thrombozytenfaktor III) frei und lösen die Blutgerinnungskaskade, an der weitere Faktoren beteiligt sind, aus.

Andere Zellen besitzen auf ihrer Oberfläche eigene Strukturen, die als **Rezeptoren** („Empfänger“) dienen, z. B.

- Chemorezeptoren für Hormone,
- Photorezeptoren für Licht,
- Thermorezeptoren für Temperatur,
- Barorezeptoren für Druck usw.

Das **Reiz-Reaktions-Muster** überträgt Informationen über kurze (von Zelle zu Zelle, am Herzen), mittlere (von Organ zu Organ, Magen – Darm) und weite Wege (von System zu System, Gehirn – Muskulatur) und dient dem sinnvollen Zusammenspiel und der Anpassung an alle Leistungen des Organismus.

1.2.3 Vermehrung

Fast alle Zellen können sich teilen und dadurch vermehren. Dies ist die Grundlage für **Wachstum** einerseits und Ersatz bei Verlust bzw. Wiederherstellung nach Verletzung andererseits.

Zellen, die einer hohen Beanspruchung unterliegen, werden ständig erneuert (z.B. Erythrozyten, Schleimhautzellen des Magen-Darm-Traktes). Hochdifferenzierte Zellen verlieren zu Gunsten ihrer Spezialisierung ab einem gewissen Zeitpunkt ihre Teilungsfähigkeit (Nerven- und Muskelzellen).

1.2.4 Spezielle Fähigkeiten

Während die oben beschriebenen Leistungen auf fast alle Zellen zutreffen, verfügen über die nachfolgend beschriebenen Fähigkeiten nur manche Zellen.

Mobilität

Nicht alle Zellen sind an Ort und Stelle gebunden. So sind z.B. Abwehrzellen des Blutes oder Spermien in der Lage, sich aktiv, innerhalb oder außerhalb des Körpers, fortzubewegen.

Stoffabgabe/Stoffaufnahme

Drüsenzellen im Besonderen sind befähigt, Enzyme oder Hormone zur Steuerung von Prozessen im Körper abzugeben. Abwehrzellen können Erreger oder Zelltrümmer in sich aufnehmen, „verdauen“ und somit unschädlich machen.

1.3 Zellteilung

Durch die Zellteilung, die bei fast allen Zellen lebenslang erfolgt (Ausnahme: Nerven-, Herz- und Muskelzellen), werden

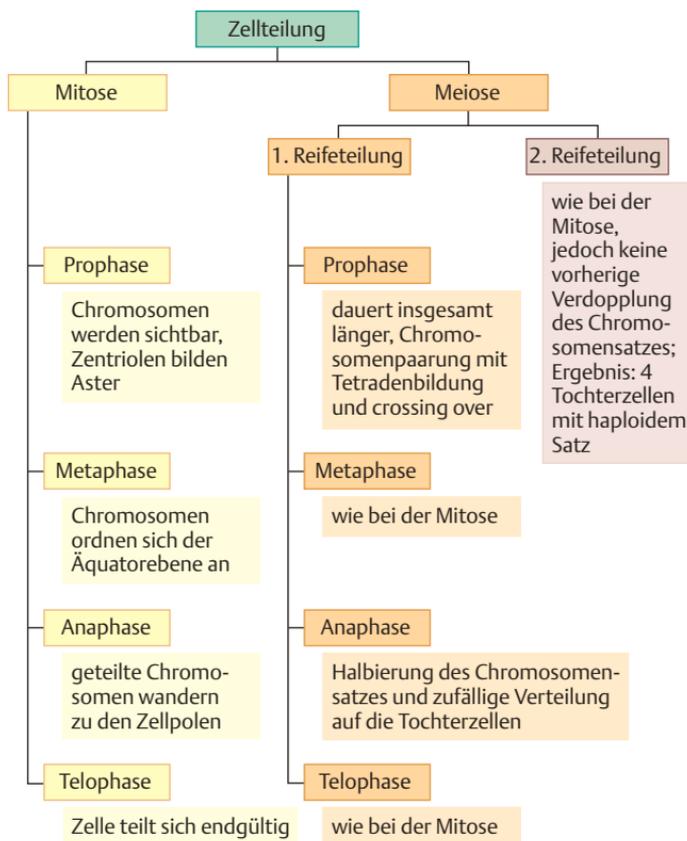
- die Geschlechtszellen für die Befruchtung vorbereitet,
- aus befruchteten Eizellen Gewebe und Organe gebildet,
- Gewebsdefekte durch Regeneration beseitigt.

Vermehrung
Grundlage für
Wachstum und Re-
generation

Spezielle Fähigkeiten
einiger Zellen
Mobilität, Stoffauf-
nahme und -abgabe

Zellteilung

- bei allen Zellen lebenslang (mit Ausnahmen)
- Vorbereitung auf die Befruchtung
- Bildung von Geweben
- Regeneration



Mitose
Teilungsart der Körperzellen

Meiose
Teilung der Geschlechtszellen

Diagramm 1.4: Zellteilung

Die Zellteilung findet auf zwei unterschiedliche Arten statt:

- als Mitose, die häufigste Teilungsart der Körperzellen,
- als Meiose bei der Teilung der Geschlechtszellen.

1.3.1 Replikation

Durch die Replikation verdoppelt sich pro Chromosom die DNA-Menge, was an den beiden „Schwesterchromatiden“, die mit dem Zentromer bis zur Teilung verbunden bleiben, sichtbar wird. Die **identische Verdopplung** der DNA ist zwingende Voraussetzung für die mitotische Zellteilung, damit nach dem Teilungsprozess die

- Replikation**
- **zwingende Voraussetzung** für die mitotische Zellteilung
 - **identische Verteilung** der Chromosomen auf die Tochterzellen

Chromosomen und damit die genetischen Informationen auf beide neuen Tochterzellen gleich verteilt sind.

Anders als bei der Proteinbiosynthese (s. o.) erfolgt die Replikation nicht in zwei, sondern in einem einzigen Schritt. Sie findet ebenfalls in der **Interphase** (zwischen zwei Teilungen) statt, weil in dieser Phase die Zelle stoffwechselaktiv ist und die Chromosomen entspiralisiert als Chromatin vorliegen.

Die Teilung der Doppelhelix lässt sich mit dem Öffnen eines Reißverschlusses vergleichen. Dabei lösen sich die Wasserstoffbrücken der jeweils zusammengehörigen Basen (Halbsprossen) und es entsteht kurzfristig ein geöffneter DNA-Strang. Aus diesem bilden sich sofort durch Anlagerung der komplementären Basen (s. o.) Adenin und Thymin bzw. Guanin und Cytosin, die an ihr „Rückgrat“ (Phosphat- und Zuckeranteile) fixiert sind, zwei identische DNA-Doppelstränge. Diese einstufige Verdopplung verhindert unter anderem weitgehend Überschreibungs- und Übersetzungsfehler.

1.3.2 Mitose

Bei der mitotischen Zellteilung werden die genetischen Informationen zu **gleichen** Teilen an die entstehenden Tochterzellen weitergegeben. Voraussetzung ist, dass vor der eigentlichen Teilung die Chromosomen durch Replikation verdoppelt werden. Dies geschieht in der Interphase.

Die Mitose verläuft in vier Stadien: Prophase, Metaphase, Anaphase und Telophase (s. Abb. 1.4a–f).

Die **Prophase** (pro = vor) dient der Vorbereitung der Chromosomen und Zellbestandteile auf die bevorstehende Zellteilung (Abb. 1.4a). Dabei

- verdichtet sich das Chromatin und die Chromosomen werden sichtbar (Spiralisierung),
- lösen sich die Nukleolen auf,
- verschwindet allmählich der Golgi-Apparat,
- verdoppeln sich die Zentriolen, wandern zu den Zellpolen und veranlassen die Bildung der Kern- oder Zentralspindel (Aster)
- löst sich die Kernmembran auf und beendet die Prophase.

In der anschließenden **Metaphase** (meta = mitten, Abb. 1.4b+c)

- wird die Kern- oder Zentralspindel (Aster) vollständig ausgebildet,
- erreichen die Chromosomen ihre maximale Dichte,
- ordnen sich die Zentromere jedes Chromosoms in der Äquatorialebene (Symmetrieebene zwischen den Spindelpolen) an.

Interphase

Phase zwischen 2 Teilungen.

Mitose

Weitergabe von replizierter identischer DNA an Tochterzellen

- Prophase
- Metaphase
- Anaphase
- Telophase

Prophase

Vorbereitung auf die Mitose.

Metaphase

Ausbildung der Kernspindel, Anordnung der Zentromere.

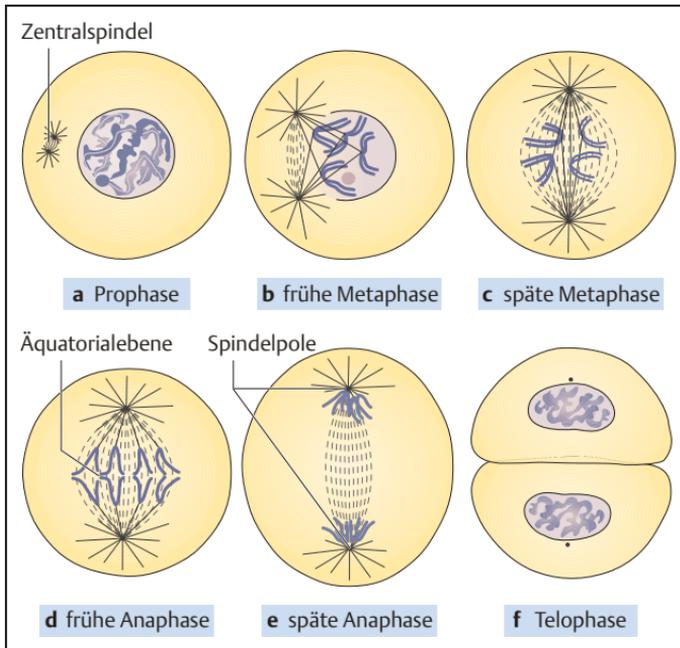


Abb. 1.4a-f Stadien der Mitose. (Quelle: Fallner A, Schünke M, Schünke G. Der Körper des Menschen. Einführung in Bau und Funktion. 14. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2004)

a Chromosomen im Kern werden durch Spiralisierung sichtbar, der Spindelapparat bildet die Zentralspindel aus.

b Streckung der Zentralspindel und Wanderung der Chromosomen in Richtung Äquatorialebene.

c Aufteilung der Chromosomen in zwei Chromatiden.

d+e Auseinanderrücken der Tochterchromatiden in Richtung der Spindelpole.

f Entspiralisierung der Chromosomen, Ausbildung einer Kernmembran und Abschnürung des Zelleibs.

Somit sind die Voraussetzungen für die Chromosomenteilung geschaffen.

In der **Anaphase** (ana = aufwärts) werden die (identischen) Chromatiden jedes Chromosoms auf die beiden zukünftigen Tochterzellen verteilt (s. Abb. 1.4d+e):

- Die an den Spindelfasern fixierten Chromosomen werden am Zentromer längs in Chromatiden gespalten,
- die beiden Chromatiden eines Chromosoms wandern dann zu den entgegengesetzten Zellpolen.

Anaphase
Aufteilung der Chromatiden.

Telophase Abschluss der Zellteilung.

Die **Telophase** (telo = Ende, Ziel; Abb. 1.4f) beendet die Zellteilung dadurch, dass sich

- die Chromatiden an den Zellpolen gruppieren und nun die Chromosomen der Tochterzelle bilden,
- die Chromosomen wieder entspiralisieren (Chromatin),
- die Kernmembran und der Nukleolus neu bilden,
- der Zelleib endgültig einschnürt und teilt.

Nach ca. 1–2 Stunden ist die Mitose in der Regel abgeschlossen.

In der folgenden Interphase werden die benötigten Zellbestandteile (z. B. Golgi-Apparat) aufgebaut, die Chromatiden verdoppelt und anschließend, im Dienste des Gesamtorganismus, spezifische Proteine gebildet.

1.3.3 Meiose

Bei der Meiose (Reifeteilung) handelt es sich um eine besondere Form der Zellteilung, die nur bei den Gameten (Geschlechtszellen) stattfindet. Sie wird auch **Reduktionsteilung** genannt, da in ihrem Verlauf der diploide Chromosomensatz um die Hälfte auf einen **haploiden** Chromosomensatz reduziert wird. Dieser Teilungsvorgang bereitet Ei- oder Samenzellen auf eine mögliche Befruchtung vor; sie „reifen“ sozusagen heran. Ein vollständiger (diploider) Chromosomensatz entsteht erst wieder nach der Verschmelzung von Ei- und Samenzelle.

Die Meiose unterscheidet sich von der Mitose durch folgende Besonderheiten:

- Es erfolgen zwei Teilungsschritte nacheinander (erste und zweite Reifeteilung),
- durch Crossing over (Genaustausch) werden mütterliche und väterliche Gene zum Teil vermischt,
- aus der Meiose gehen vier anstatt zwei Zellen hervor.

Erste Reifeteilung

Die einzelnen Teilungsstadien entsprechen denen der Mitose (Pro-, Meta-, Ana-, Telophase), allerdings unterscheidet sich die Prophase erheblich.

Die **Prophase** dauert insgesamt länger (in der Samenzelle ca. 24 Tage, in der Eizelle unter Umständen Jahrzehnte). Die elterlichen Chromosomen liegen im Zellkern als dünne Fäden vor, die sich zunächst paarweise (immer ein mütterliches und ein väterliches Chromosom) aneinander lagern (Chromosomenpaarung). Somit liegt ein Paar mit vier Chromatiden (zweifache DNA-Menge) als

Meiose

- nur bei Geschlechtszellen
 - Reduktion auf haploiden Chromosomensatz
- Besonderheiten:
- zwei Teilungen nacheinander (1. u. 2. Reifeteilung)
 - Crossing over (Genaustausch)
 - Bildung von vier Zellen mit haploidem Satz

Erste Reifeteilung

- Ablauf wie bei der Mitose.
- Größter Unterschied zur Mitose in der Prophase:
- Dauer: Tage bis Jahre,
 - Chromosomenpaarung mit Tetradenbildung und Crossing over

Tetrade vor. Die homologen Chromosomen (identisches Muster mit vergleichbaren Erbinformationen) sind parallel so angeordnet, dass sich entsprechende DNA-Abschnitte (Gene) genau nebeneinander legen und dabei einzelne Sequenzen verkleben oder überkreuzen. Die anschließende Trennung des Paares hat zur Folge, dass an den Verklebungen und Überkreuzungen die Chromatiden auseinanderbrechen können und neu verschmelzen, wodurch die Gene zwischen mütterlichem und väterlichem Chromosom ausgetauscht werden. Diesen Vorgang bezeichnet man als **Crossing over**.

Am Ende der Prophase löst sich die Kernmembran sowie der Nukleolus auf und die Teilungsspindel entsteht.

In der folgenden **Metaphase** ordnen sich alle Chromosomenpaare in der Äquatorialebene an.

Die elterlichen Chromosomen werden in der **Anaphase** paarweise getrennt und entlang des Spindelapparats nach dem Zufallsprinzip auf die beiden Zellpole verteilt. Dadurch halbiert sich der menschliche Chromosomensatz von 46 (diploid) auf 23 Chromosomen (haploid), aber immer noch mit der doppelten DNA-Menge.

In der **Telophase** teilt sich anschließend, wie bei der Mitose, die Ursprungszelle in zwei Tochterzellen, mit dem Ergebnis, dass in jeder Tochterzelle die 23 mütterlichen und 23 väterlichen Chromosomen zufällig verteilt sind.

Zweite Reifeteilung

Die zweite Reifeteilung verläuft in ihrer Abfolge wie die mitotische Teilung, mit dem Unterschied, dass es vorher zu keiner Verdopplung des Erbmaterials mehr kommt. Dies führt dazu, dass in der Anaphase die in der Äquatorebene aufgereihten Chromosomen in zwei Chromatiden geteilt werden und dadurch die DNA-Menge halbiert wird. Die Produkte der Meiose sind also 4 **haploide** Zellen.

Zusammenfassend wird

- in der ersten Reifeteilung der Chromosomensatz,
- in der zweiten Reifeteilung die DNA-Menge halbiert.

Die **biologische Bedeutung** der Meiose liegt allerdings im Crossing over (Genaustausch) sowie in der zufälligen Verteilung der homologen Chromosomenpaare während der ersten Reifeteilung und somit in der nicht vorhersagbaren Vererbung mütterlicher und väterlicher Gene an die nächste Generation.

Metaphase

Anordnung in Äquatorialebene.

Anaphase

Aufteilung der Chromatiden.

Telophase

Entstehung zweier Tochterzellen mit zufälligem haploidem Chromosomensatz.

Zweite Reifeteilung

Wie bei der Mitose, jedoch ohne vorherige Verdopplung der DNA; Trennung der Chromosomen in zwei Chromatiden (Halbierung der DNA-Menge)

Zusammenfassung

- erste Reifeteilung = Teilung des Chromosomensatzes
- zweite Reifeteilung = Halbierung der DNA-Menge

1.4 Stofftransport zwischen Zelle und Umgebung

Stofftransport

- Versorgung mit Nährstoffen
- Entsorgung von Stoffwechselprodukten
- Passive und aktive Transportmechanismen
- Regulation des Flüssigkeitshaushalts

Flüssigkeitsverteilung

Gesamtmenge bei 70 kg Körpergewicht ca. 45 l, davon

- ein Drittel extrazellulär (ca. 15 l)
- zwei Drittel intrazellulär (ca. 30 l)

Der Körper ist aus unzähligen einzelnen Zellen, die allesamt von Flüssigkeit umgeben sind, aufgebaut. Die Zellmembran trennt den Intra- vom Extrazellularraum. Um eine ausreichende Ver- und Entsorgung der einzelnen Zelle zu gewährleisten, ist es daher unerlässlich, dass Nährstoffe, produzierte Proteine sowie anfallende Abbauprodukte aus dem Zellstoffwechsel die Zellmembran passieren können. Damit die Lebensfähigkeit der Zelle und die Funktionsfähigkeiten (Reizbildung und -leitung, Kontraktion, Kommunikation) erhalten bleiben, muss außerdem die **Flüssigkeitsmenge und -zusammensetzung** innerhalb und außerhalb der Zelle ständig korrigiert und konstant gehalten werden. Hierzu werden sowohl passive als auch aktive Transportmechanismen genutzt.

Ausgangssituation: Der erwachsene Körper besteht zu etwa 60% aus Wasser. Bei einem Gewicht von 70 kg entspricht dies ca. 45 l.

Nicht nur die Flüssigkeitsmenge ist von entscheidender Bedeutung. Eine wichtige Rolle spielen auch gelöste Substanzen bzw. der Transport von unlöslichen Stoffen.

Die Flüssigkeit verteilt sich im Körper auf zwei unterschiedliche Räume:

- den Extrazellularraum,
- den Intrazellularraum („Lebensraum“ der Zellen).

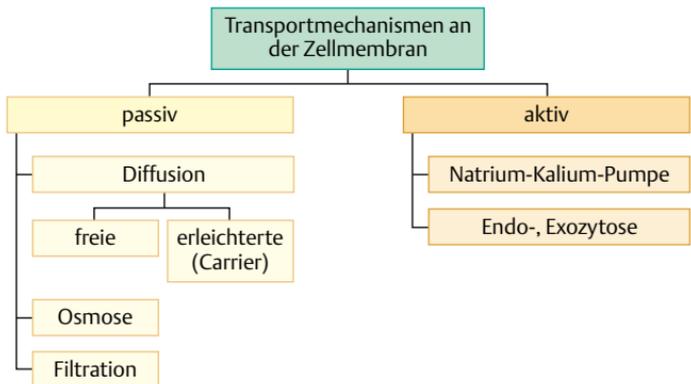


Diagramm 1.5: Aktiver und passiver Stofftransport