

MedA1

Deniz Tafrali • Sinan Barus • Lena Dax • Alexander Schöllkopf

LESEPROBE

Lernskript für den BMS

Biologie, Chemie, Physik, Mathematik

**AUCH FÜR
ZAHNMEDIZIN**

Mit Video-
tutorials
& Anima-
tionen



Urban & Fischer

Lernplanung mit diesem Werk – so funktioniert's perfekt!*

Unser 3-Monats-Lernplan ist passgenau auf die Kapitel unserer vier MedAT-Bände abgestimmt. Er unterstützt dich dabei, den Lernstoff strukturiert und effizient zu bewältigen: Du siehst auf einen Blick, wie viele Tage du jeweils für bestimmte Themen und Übungsaufgaben einplanen solltest.

Zusätzlich enthält der Plan Empfehlungen für freie Tage, an denen du auch ein mal ausspannen kannst. Für drei Tage sind Simulationen eingeplant, um deinen Lernfortschritt zu überprüfen.

Lade dir den Lernplan hier gratis herunter:



41259 – Band 1

Lerntag

MedAT-Lernplan April

Tag	Buch	Kapitel	Lernstoff des Monats	Platz für Notizen (z.B. Lernerfolg, Lücken, To-dos)
1	Band 4	Kap. 3	Infos zum MedAT	
2	Band 4	Kap. 4	Simulation 1	
3	Band 2	Kap. 1; (Online)	Textverständnis (Manuelle Fertigkeiten für MedAT-Z)	
4			Freier Tag	
5	Band 2	Kap. 3	Figuren zusammensetzen	
6	Band 2	Kap. 4	Gedächtnis und Merkfähigkeit	
7	Band 2	Kap. 5	Zahlenfolgen	
8	Band 2	Kap. 6, Kap. 7	Wortflüssigkeit; Implikationen erkennen (nur MedAT-H, entfällt bei MedAT-Z)	
9	Band 2	Kap. 9, Kap. 10	Emotionen regulieren; Emotionen erkennen	
10	Band 2	Kap. 11	Soziales Entscheiden	
11			Freier Tag	
12	Band 1	Kap. 1	Zellbiologie	
13	Band 1	Kap. 1	Zellbiologie	
14	Band 1	Kap. 1	Zellbiologie	
15	Band 1	Kap. 2	Embryologie	
16	Band 1	Kap. 2	Embryologie	
17			Freier Tag	
18	Band 1	Kap. 3	Gewebelehre	
19	Band 1	Kap. 4.1, Kap. 4.2	Einführung; Gastrointestinaltrakt	
20	Band 1	Kap. 4.3	Herz-Kreislauf-System	
21	Band 1	Kap. 4.3, Kap. 4.4	Herz-Kreislauf-System; Blut und Lymphe	
22	Band 1	Kap. 4.5	Atmungsorgane	
23	Band 1	Kap. 4.6, Kap. 4.7	Skelettsystem; Nervensystem	
24			Freier Tag	
25	Band 1	Kap. 4.7	Nervensystem	
26	Band 1	Kap. 4.8	Sinnesorgane	
27	Band 1	Kap. 4.8	Sinnesorgane	
28	Band 1	Kap. 4.9	Endokrines System	
29	Band 1	Kap. 4.9	Immunsystem	
30	Band 1	Kap. 4.10	Immunsystem	

Platz für Notizen zum Lernfortschritt

MedAT Band

Fälliges Kapitel

Thema

Ab Mai wird vormittags für den BMS, nachmittags für KFF, TV (MF), SEK trainiert**

MedAT-Lernplan Mai

Tag	Buch	Kapitel	Lernstoff des Monats	Platz für Notizen (z.B. Lernerfolg, Lücken, To-dos)
			Vormittags	Nachmittags
1	Band 1	Kap. 4.11	Blutsystem	
2	Band 1	Kap. 4.12	Geschlechtssystem	
3	Band 1	Kap. 4.12, Kap. 5	Geschlechtssystem; Vererbungslehre	
4	Band 1	Kap. 5	Vererbungslehre	
5	Band 1	Kap. 5	Vererbungslehre	
6			Freier Tag	
7	Band 1	Kap. 5	Vererbungslehre	
8	Band 1	Kap. 6	Molekulare Genetik	
9	Band 1	Kap. 6	Molekulare Genetik	
10	Band 1	Kap. 7	Die Ererbungsmechanik des Lebens	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
11	Band 1	Kap. 8, Kap. 9	Ökologie/Immunbiologie	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
12	Band 1	Kap. 1	Biologie-Aufgaben	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
13			Freier Tag	
14	Band 1	Kap. 10, Kap. 11	Das Atom; Quantenmechanik; Die Elemente	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
15	Band 1	Kap. 13	Zustandsformen der Materie; Das Periodensystem der Elemente	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
16	Band 1	Kap. 15	Bildungsgang; Grundlagen chemischer Reaktionen	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
17	Band 1	Kap. 16	Gleichgewichte; Besondere Elemente und Moleküle	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
18	Band 1	Kap. 19	Säuren und Basen	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
19	Band 1	Kap. 21	Reduktions-Oxidations-Reaktionen; Organik	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
20			Freier Tag	
21	Band 1	Kap. 23	Substanzen der Natur	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
22	Band 1	Kap. 2	Chemie-Aufgaben	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)

MedAT-Lernplan Juni

Tag	Buch	Kapitel	Lernstoff des Monats	Platz für Notizen (z.B. Lernerfolg, Lücken, To-dos)
			Vormittags	Nachmittags
1	Band 1	Kap. 31	Quantenmechanik und Atomphysik	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
2	Band 1	Kap. 32	Quantenmechanik und Atomphysik	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
3	Band 1	Kap. 33	Quantenmechanik und Atomphysik	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
4	Band 1	Kap. 33	Quantenmechanik und Atomphysik	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
5			Freier Tag	
6	Band 3	Kap. 3	Physik-Aufgaben	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
7	Band 1	Kap. 36, Kap. 37	Zeitrechnungen; Algebra	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
8	Band 1	Kap. 38, Kap. 39	Geometrie; Einheiten	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
9	Band 1	Kap. 40	Funktionen	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
10	Band 1	Kap. 40, Kap. 41	Funktionen; Vektoren	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
11	Band 3	Kap. 4	Mathe-Aufgaben	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
12	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu KFF, SEK und/oder TV (MF)
13			Freier Tag	
14	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Testverständnis (MF)
15	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Emotionen erkennen; Soziales Entscheiden
16	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Figuren zusammensetzen
17	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Figuren zusammensetzen
18			Freier Tag	
19	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Figuren zusammensetzen
20	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Gedächtnis und Merkfähigkeit
21	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Zahlenfolgen
22	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Zahlenfolgen
23	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Implikationen erkennen (MF)
24	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Wortflüssigkeit
25			Freier Tag	
26	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Wortflüssigkeit
27	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Wortflüssigkeit
28	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Wortflüssigkeit
29	Band 3	Kap. 1-4	BMS-Aufgaben	Übungen zu Wortflüssigkeit
30	Band 4	Kap. 6	Simulation 2	

Freie Tage sorgen für Ruhe und Erholung

Zeit für eine Simulation

* Natürlich passt das nicht für jeden, aber ein grobes Gerüst kann es allemal bieten.
** Beachte: Derzeit gibt es keine Übungen für KFF/SEK/TV im Kompendium von Elsevier

Deniz Tafrali, Sinan Barus, Lena Dax, Alexander Schöllkopf

MedAT Lernskript für den BMS (Band 1)

Biologie, Chemie, Physik, Mathematik

1. Auflage

Basierend auf Tafrali, Windisch, Barus, Dax: MedAT 2024/25 – Band 1: Das Lernskript für den BMS für Human- und Zahnmedizin, 4.A.



Autoren und Autorin



Deniz Tafrali

studierte bis 2019 Humanmedizin an der Medizinischen Universität Graz. Er ist seit 2017 erfolgreicher Autor zahlreicher Werke bei der Elsevier GmbH und arbeitet derzeit als Assistenzarzt in der Neurologie im Kantonsspital St. Gallen.



Sinan Barus

Sinan Barus studierte bis 2022 Humanmedizin an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen und ist seit einigen Jahren Lehrbuchautor für Elsevier. Zurzeit ist er als Assistenzarzt an der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie am Universitätsklinikum Freiburg tätig.



Lena Dax

studiert seit 2019 an der Medizinischen Universität Innsbruck und absolviert derzeit die letzten Monate ihres Medizinstudiums. Während des Studiums begann sie, bei get-to-med mitzuarbeiten, und leitete unter anderem mehrere BMS-Webinare, um angehende Medizinstudierende auf den MedAT vorzubereiten.



Alexander Schöllkopf

begann sein Medizinstudium an der Medizinischen Universität Wien und wechselte später an die LMU München. Seine Promotion absolviert er im Bereich der Immunologie und forscht an der Entwicklung von Immunzellen aus Stammzellen.

Unser Service

Immer auf aktuellem Stand

Die offiziellen Stichwörter werden vor dem MedAT im Frühling hin und wieder ergänzt oder es kommt zu Streichungen.

Bleib auf dem Laufenden und erfahre hier, was sich getan hat. Der Autor Dr. Deniz Tafrali wird neue Themen vorstellen und erklären. Zeitnah zur Veröffentlichung stellen wir hier seine Ausführungen für dich bereit:



<https://www.elsevier.com/books-and-journals/book-companion/9783437412592>

Erfahrungsberichte – und wie geht es dir gerade?

An manchen Tagen kommt es dir so vor, als ob du dem Druck kaum noch standhalten kannst? Damit bist du nicht allein, was auch die hohen Anmeldezahlen jährlich beweisen. Angst und Selbstzweifel begleiten viele MedAT-Teilnehmerinnen und -Teilnehmer in dieser Phase, wo nur eines zählt: den langersehnten Traum vom Medizinstudium zu erreichen.

Wir haben einige interessante Erfahrungsberichte gesammelt. Hier erfährst du, wie es anderen in deiner Situation ergangen ist. Dein Traum vom Studienplatz soll Wirklichkeit werden und hier liest du, wie das funktionieren kann!

Unentbehrlich: 10 Tipps zum MedAT vom Autor Deniz Tafrali



<https://www.elsevier.com/de-de/connect/10-tipps-und-tricks-des-autors-von-medat>

Sebastian hat die stressige Lernphase gemeistert und am MedAT mit Erfolg teilgenommen. Hier liest du wie:



<https://www.elsevier.com/de-de/connect/erfahrungsbericht-zum-medat-2022-und-die-stressige-lernphase-davor>

Tutorials

Viktoria aus Österreich, Humanmedizinstudentin im ersten Jahr, teilt in Videotutorials ihre Erfahrungen und spricht über Lernpläne, -material und ihre Vorbereitungsphase sowie über MedAT-Anmeldung, Testtag und Studienbeginn. Sie gibt sehr persönliche Einblicke in die stressige Lernphase, verrät, wie sie gut durch diese anstrengende Zeit kam, und motiviert alle künftigen Teilnehmer und Teilnehmerinnen. Wir hoffen auch dich!

Hinter der Kamera ist Sebastian, ebenfalls Student der Humanmedizin in Wien. Er erzählt euch seine MedAT-Erfahrungen in einem persönlichen Bericht im nächsten Abschnitt.



<https://www.elsevier.com/books-and-journals/book-companion/9783437412592>

Viktoria erzählt, wie ihr Testtag in Wien ablief:



<https://www.elsevier.com/de-de/connect/vor-dem-medizinstudium/meine-medat-erfahrung>

„How to survive MedAT“ – Lisa berichtet, wie sie den MedAT „überlebt“ hat:



<https://www.elsevier.com/de-de/connect/vor-dem-medizinstudium/how-to-survive-medat>

Weitere informative und motivierende Blogbeiträge von MedAT-Teilnehmerinnen und -Teilnehmern findest du fortlaufend hier:



<https://www.elsevier.com/de-de/promotions/alles-rund-um-den-medizinertest>

Folge uns auf Instagram @elsevier.medizinstudium



medizinische Insights, Fachwissen, Community & Gewinnspiele

Wir wünschen allen viel Erfolg bei der Teilnahme am MedAT!
München, im Herbst 2025
Euer Elsevier-Team

Benutzerhinweise

Über die QR-Codes, die bei einigen Kapiteln stehen, kommt ihr zu themenspezifischen Videos, die wir euch an der jeweiligen Stelle kostenfrei zu Verfügung stellen.

Oder ihr nutzt den QR-Code hier:



<https://www.elsevier.com/books-and-journals/book-companion/9783437412592>

Weil wir euch den Fokus auf besonders wichtige Themen aufzeigen, komplizierte Themen verständlich erklären und darüber hinaus beim Lernen auch unterhalten möchten, haben wir über das gesamte Lernskript verteilt verschiedene Lernkästen eingesetzt.

MedAT-Stichwort

In der Randspalte aller Kapitel findet ihr die Stichwörter aus der MedAT-Stichwortliste.

DEFINITIONEN Um einen Text über einen Sachverhalt ganzheitlich verstehen zu können, muss man wissen, was die Begriffe bedeuten, die dieser Text beinhaltet. Dieser Kasten liefert euch an geeigneten Stellen Definitionen zu Begriffen, die selten oder kompliziert sind.

MEDAT-GEHEIMTIPP In diesem Kasten haben wir für euch wichtige Themenschwerpunkte und Altfragen aus den BMS-Prüfungen der letzten Jahre zusammengestellt.

VERSTÄNDNIS⁺ Hier werden komplizierte Themen anhand grundlegender Prinzipien der Naturwissenschaften in einfacher Sprache erklärt, um nachfolgend wichtiges Schlüsselwissen erschließen zu können.

AUS DEM MEDIZINSTUDIUM Diesen Kasten arbeitet ihr durch, wenn ihr mehr wissen wollt; Detailwissen, das über den BMS hinausgeht und zu tieferem Verständnis verhilft.

EPISCHE ESELSBRÜCKE Unsere epischen Eselsbrücken sollen euch durch Merksprüche, Reime, Verbildlichungen und vielem mehr schwer einprägsame Fakten unterhaltsam darbieten, damit ihr sie euch einfacher merken könnt.

Mit diesem Kasten werden wichtige Formeln, Sätze, Axiome o.ä. hervorgehoben.

Fehler gefunden?



An unsere Inhalte haben wir sehr hohe Ansprüche. Trotz aller Sorgfalt kann es jedoch passieren, dass sich ein Fehler einschleicht oder fachlich-inhaltliche Aktualisierungen notwendig geworden sind.

Sobald ein relevanter Fehler entdeckt wird, stellen wir eine Korrektur zur Verfügung. Mit diesem QR-Code gelingt der schnelle Zugriff.

<https://else4.de/9783437412592>

Wir sind dankbar für jeden Hinweis, der uns hilft, dieses Werk zu verbessern. Bitte richten Sie Ihre Anregungen, Lob und Kritik an folgende E-Mail-Adresse: kundendienst@elsevier.com

Inhaltsverzeichnis

I	Biologie	1	2.5.3	Fruchtblase	58
1	Zellbiologie	3	2.6	Nabelschnur	58
	<i>Deniz Tafrali</i>		3	Gewebelehre	61
1.1	Allgemeine Charakteristika und Zelltypen	3		<i>Deniz Tafrali</i>	
1.2	Zellmembran	6	3.1	Einführung	61
1.2.1	Struktur der Zellmembran	8	3.2	Grundlegender Aufbau des Körpers: Zelltypen, Strukturen und Gewebe	62
1.2.2	Membranproteine	10	3.2.1	Zelltypen	62
1.3	Stofftransport	10	3.2.2	Strukturen	62
1.3.1	Passiver Transport	12	3.2.3	Gewebe	62
1.3.2	Aktiver Transport	12	3.3	Die vier Gewebearten	64
1.3.3	Exo- und Endozytose	13	3.3.1	Epithelgewebe	64
1.4	Extrazellulärraum	14	3.3.2	Binde- und Stützgewebe	68
1.5	Protoplasma	16	3.3.3	Muskelgewebe	73
1.5.1	Nukleoplasma	16	3.3.4	Nervengewebe	78
1.5.2	Zytoplasma	17	4	Makro- und mikroskopische Anatomie und Physiologie des menschlichen Körpers	83
1.6	Zellkern	17		<i>Deniz Tafrali, Sinan Barus, Lena Dax, Alexander Schöllkopf</i>	
1.7	Endoplasmatisches Retikulum und Ribosomen ..	19	4.1	Einführung	83
1.7.1	Endoplasmatisches Retikulum	19	4.2	Gastrointestinaltrakt	84
1.7.2	Ribosomen	21	4.2.1	Makroskopische Anatomie	86
1.8	Golgi-Apparat	21	4.2.2	Mikroskopische Anatomie	93
1.9	Mitochondrium	22	4.2.3	Physiologie	100
1.10	Lysosomen, Proteasomen und Peroxisomen	24	4.3	Herz-Kreislauf-System	110
1.10.1	Lysosomen	24	4.3.1	Makroskopische Anatomie	110
1.10.2	Proteasomen	26	4.3.2	Mikroskopische Anatomie	113
1.10.3	Peroxisomen	26	4.3.3	Physiologie	114
1.11	Zytoskelett	27	4.4	Blut und Lymphe	123
1.11.1	Mikrotubuli	28	4.4.1	Bestandteile des Blutes	123
1.11.2	Zentriolen	28	4.4.2	Blutbildung	125
1.11.3	Intermediärfilamente	29	4.4.3	Hämoglobin	125
1.11.4	Aktinfilamente	29	4.4.4	Blutstillung	126
1.12	Kinozilien, Geißeln, Mikrovilli	30	4.4.5	Blutdruck	126
1.12.1	Kinozilien	30	4.4.6	Anämien	127
1.12.2	Geißeln	31	4.4.7	Lymphsystem	128
1.12.3	Mikrovilli	31	4.5	Atmungsorgane	130
1.13	Zellkontakte	32	4.5.1	Makroskopische Anatomie	130
1.13.1	Verschlusskontakte	33	4.5.2	Mikroskopische Anatomie	136
1.13.2	Haftkontakte	33	4.5.3	Physiologie	137
1.13.3	Kommunikationskontakte	34	4.6	Skelettsystem	143
1.14	Zelltod	34	4.6.1	Makroskopische Anatomie	143
2	Embryologie	37	4.6.2	Mikroskopische Anatomie	148
	<i>Deniz Tafrali</i>		4.6.3	Physiologie	150
2.1	Einführung	37	4.7	Nervensystem	152
2.2	Befruchtung bis Einnistung	38	4.7.1	Makroskopische Anatomie	152
2.2.1	Befruchtung	39	4.7.2	Mikroskopische Anatomie	165
2.2.2	Präimplantationsperiode	42	4.7.3	Physiologie der Nervenzelle	169
2.2.3	Einnistung	45	4.8	Sinnesorgane	178
2.3	Entwicklung der Keimblätter	46	4.8.1	Makroskopische Anatomie	178
2.3.1	Embryogenese	47	4.8.2	Mikroskopische Anatomie	184
2.4	Embryonal- und Fetalentwicklung in ihren Grundzügen	53	4.8.3	Physiologie	196
2.5	Plazenta und Eihäute	54	4.9	Endokrines System	207
2.5.1	Plazenta	54			
2.5.2	Eihäute	57			

4.9.1	Makroskopische Anatomie	207	5.10.8	Die Rolle des Immunsystems bei der Krebsentstehung	309
4.9.2	Mikroskopische Anatomie	209	5.11	Humangenetik	311
4.9.3	Physiologie	210	5.11.1	Stammbaumanalysen	311
4.10	Immunsystem	217	5.11.2	Genetische Beratung	312
4.10.1	Bestandteile des Immunsystems	217	5.11.3	Genetische Diagnostik	313
4.10.2	Angeborenes Immunsystem	218	6	Molekulargenetik	315
4.10.3	Erworbenes Immunsystem	228		<i>Deniz Tafrali</i>	
4.11	Harnsystem	232	6.1	Einführung	315
4.11.1	Makroskopische Anatomie	232	6.2	Desoxyribonukleinsäure	315
4.11.2	Mikroskopische Anatomie	235	6.2.1	Genereller Aufbau	315
4.11.3	Physiologie	241	6.2.2	Replikation der DNA	318
4.12	Geschlechtssysteme	247	6.2.3	Reparatur der DNA	322
4.12.1	Makroskopische Anatomie	247	6.3	Wie aus DNA ein Protein wird	325
4.12.2	Mikroskopische Anatomie	255	6.3.1	Der genetische Code	325
4.12.3	Physiologie	261	6.3.2	Eukaryotische Gene	326
5	Vererbungslehre	265	6.3.3	RNA	326
	<i>Deniz Tafrali, Sinan Barus, Lena Dax, Alexander Schöllkopf</i>		6.3.4	Der Informationsfluss vom Gen zum Protein	327
5.1	Einführung	265	6.3.5	Proteinbiosynthese: Transkription	328
5.2	Die Mendel'schen Regeln	265	6.3.6	Proteinbiosynthese: RNA-Prozessierung	329
5.2.1	Kreuzungsschemata	266	6.3.7	Proteinbiosynthese: Translation	331
5.2.2	Erste Mendel'sche Regel: Uniformitätsregel	267	6.4	Regulation der Genaktivität bei Prokaryoten und Eukaryoten	333
5.2.3	Zweite Mendel'sche Regel: Spaltungsregel	268	6.4.1	Prokaryoten	333
5.2.4	Dritte Mendel'sche Regel: Unabhängigkeitsregel	268	6.4.2	Eukaryoten	335
5.3	Erbgänge	269	6.5	Genomik	337
5.3.1	Autosomal-dominanter Erbgang	270	6.6	Proteomik	337
5.3.2	Autosomal-rezessiver Erbgang	270	6.7	Epigenetik	338
5.3.3	X-chromosomaler Erbgang	271	7	Die Entstehungsgeschichte des Lebens	341
5.3.4	Y-chromosomaler Erbgang	273		<i>Deniz Tafrali</i>	
5.3.5	Mitochondrialer Erbgang	274	7.1	Einführung	341
5.4	Chromosomentheorie der Vererbung	274	7.2	Beginn des Lebens	342
5.4.1	Begriffsdefinitionen	274	7.2.1	Die chemische Evolution und das Miller-Urey-Experiment	342
5.4.2	Aufbau des Chromatins	276	7.2.2	RNA-Welt-Hypothese, Biogenese und Protobionten	344
5.4.3	Aufbau der Chromosomen	278	7.2.3	Die Endosymbiontentheorie	345
5.4.4	Chromosomensatz	279	7.3	Grundeigenschaften des Lebens	346
5.4.5	Geschlechtschromosomen	280	7.4	Evolution	347
5.4.6	Mechanismen genetischer Variabilität (Crossing-over und Segregation)	280	7.4.1	Linné, Lamarck und Darwin	347
5.5	Nichtchromosomale Vererbung	282	7.4.2	Art	349
5.6	Zellteilung	283	7.4.3	Die Bildung einer Art	349
5.6.1	Zellzyklus	283	7.4.4	Voraussetzungen für die Evolution	349
5.6.2	Mitose	285	7.4.5	Mutationen im Rahmen der Evolution	351
5.6.3	Zytokinese	287	7.4.6	Die Gendrift	351
5.6.4	Meiose	287	7.4.7	Rekombination von Genen	351
5.7	Aufbau des eukaryotischen Genoms	290	7.4.8	Entwicklung des Homo sapiens	351
5.8	Veränderungen des Erbguts: Mutationen	293	7.5	Phylogenetik	354
5.8.1	Auslöser von Mutationen	293	8	Ökologie	357
5.8.2	Genommutationen	294		<i>Deniz Tafrali</i>	
5.8.3	Chromosomenmutationen	296	8.1	Einführung	357
5.8.4	Genmutationen	298	8.2	Organismen, Umwelt und ihre Wechselwirkungen	357
5.9	Vererbung des Geschlechts	299	8.2.1	Symbiose	357
5.10	Entstehung von Krebs	301	8.2.2	Parasitismus	357
5.10.1	Arten von Tumoren	302	8.2.3	Kommensalismus	357
5.10.2	Zelluläre Adaptation	303	8.3	Abiotische und biotische Faktoren	358
5.10.3	Was ist Krebs?	304	8.4	Die Population und ihr Lebensraum	358
5.10.4	Zellbiologische Grundlagen der Krebsentstehung	306	8.5	Ökologische Nischen	358
5.10.5	Mehrstuufenmodell der Krebsentstehung	306			
5.10.6	Ursachen von Krebs	307			
5.10.7	Epidemiologie von Krebs	308			

8.6	Was ist das biologische Gleichgewicht?	359	14.3	Perioden und Schalen	399
8.7	Ökosysteme	359	14.4	Isotope	399
8.8	Die Nahrungskette und der Energiefluss	360	14.5	Oktettregel	400
8.9	Umweltschutz	360	14.6	Atomradien	401
8.9.1	Treibhauseffekt	361	14.7	Elektronegativität	401
8.9.2	Ozon	361			
8.9.3	Fluorchlorkohlenwasserstoffe	361	15	Bindungen	405
8.9.4	Naturschutzgebiete	362		<i>Sinan Barus</i>	
9	Immunbiologie	363	15.1	Ionische Bindung	405
	<i>Alexander Schöllkopf</i>		15.1.1	Salzformeln	406
9.1	Antikörper	363	15.1.2	Nomenklatur	406
9.1.1	Struktur von Antikörpern	364	15.2	Metallische Bindung	406
9.1.2	Antikörper-Klassen/-Isotypen	365	15.3	Kovalente Bindungen	408
9.1.3	Molekulare Grundlagen der Antigen-Vielfalt	367	16	Grundlagen chemischer Reaktionen	411
9.2	Klinische Bedeutung der Immunologie	369		<i>Deniz Tafrali</i>	
9.2.1	Impfungen	369	16.1	Symbole in der Chemie	411
9.2.2	Blutgruppensysteme	371	16.2	Chemische Formeln	412
II	Chemie	375	16.2.1	Summenformel	412
			16.2.2	Strukturformel	412
			16.2.3	Stereochemie	414
10	Bau des Atoms	377	17	Reaktionen	419
	<i>Sinan Barus</i>			<i>Sinan Barus</i>	
10.1	Elementarteilchen	377	17.1	Reaktionsgleichungen	419
10.2	Atomkern	378	17.2	Stöchiometrie	420
10.3	Elektronenhülle	379	18	Gleichgewicht	423
10.4	Masse, Ladung und ihre Relativität	380		<i>Sinan Barus</i>	
10.4.1	Masse der Teilchen	380	18.1	Reaktionsgeschwindigkeit	423
10.4.2	Ladung der Teilchen	380	18.2	Enthalpie, Entropie und Gibbs freie Energie	424
11	Quantenmechanik – ganz leicht natürlich	381	18.2.1	Enthalpie: Energieaustausch während einer Reaktion	424
	<i>Deniz Tafrali</i>		18.2.2	Entropie: Das Maß für Unordnung	424
11.1	Heisenberg'sche Unschärferelation	381	18.2.3	Gibbs freie Energie: Die entscheidende Größe für die Spontaneität	425
11.2	Licht und elektromagnetische Strahlung	382	18.2.4	Aktivierungsenergie	426
11.3	Der Teilchen-Welle-Dualismus	384	18.3	Massenwirkungsgesetz	427
12	Die Gasgesetze	387	19	Besondere Elemente und Moleküle	429
	<i>Sinan Barus</i>			<i>Deniz Tafrali</i>	
12.1	Das Mol	387	19.1	Elemente des menschlichen Körpers	429
12.2	Eigenschaften und Verhalten von Gasen	387	19.2	Wasserstoff, Sauerstoff und Wasser	430
12.3	Ideale Gase und Gasgleichung	388	19.2.1	Wasserstoff	430
12.3.1	Ideale Gase	388	19.2.2	Sauerstoff	431
12.3.2	Die allgemeine Gasgleichung	388	19.2.3	Wasser	432
12.4	Die Gasgesetze im Detail	389	19.3	Kohlenstoff und Kohlensäure	433
12.4.1	Das Gesetz von Gay und Lussac: Volumen und Temperatur	390	19.3.1	Kohlenstoff	433
12.4.2	Das Gesetz von Boyle und Mariotte: Druck und Volumen	390	19.3.2	Kohlensäure	434
12.5	Absolute Temperatur	390	19.4	Oxide	435
13	Zustandsformen der Materie	393	19.5	Stickstoff	435
	<i>Sinan Barus</i>		19.6	Halogene	436
13.1	Zustandsformen und Phasen	393	19.7	Schwefel	436
13.2	Phasenübergänge	393	20	Säuren und Basen	439
13.3	Intermolekulare Wechselwirkungen	395		<i>Deniz Tafrali</i>	
13.4	Von der Physik zur Chemie	396	20.1	Säuren und Basen nach Brønsted	439
14	Das Periodensystem der Elemente	397	20.2	Autoprotolyse des Wassers und pH-Wert	440
	<i>Sinan Barus</i>		20.3	Säurestärke	442
14.1	Einführung	397	20.4	Starke und schwache Säuren	443
14.2	Ordnungsprinzip und Gruppen	397	20.5	pH-Wert-Berechnung	444

20.5.1	Berechnung für starke Säuren	444	23.5.3	Vitamin B ₂	490
20.5.2	Berechnung für schwache Säuren	444	23.5.4	Vitamin B ₃	490
20.5.3	Berechnung des pH-Werts über den pOH-Wert	445	23.5.5	Vitamin B ₅	491
20.6	Klassifikation von Säuren	445	23.5.6	Vitamin B ₆	491
20.6.1	Oxosäuren	446	23.5.7	Vitamin B ₇ bzw. H	491
20.6.2	Nicht-Oxosäuren	446	23.5.8	Vitamin B ₉	493
20.6.3	Protonigkeit von Säuren	446	23.5.9	Vitamin B ₁₂	493
20.6.4	Wichtige Säuren und Basen	447	23.5.10	Vitamin C	494
20.7	Neutralisation	450	23.5.11	Vitamin D	495
20.8	Salze	450	23.5.12	Vitamin E	495
20.8.1	Anionen von Säuren	451	23.5.13	Vitamin K	497
20.8.2	Wichtige Salze	452	24	Formelsammlung Chemie	499
20.8.3	Löslichkeit	453		<i>Deniz Tafrali</i>	
21	Reduktions-Oxidations-Reaktionen	455	III	Physik	501
	<i>Deniz Tafrali</i>		25	Physikalische Größen, Einheiten und Definitionen	503
21.1	Oxidation und Reduktion	455		<i>Deniz Tafrali</i>	
21.2	Oxidationszahlen	456	25.1	Grundgrößen und abgeleitete Größen in der Physik	503
21.3	Redox-Potenzial und elektrochemische Spannungsreihe	457	25.2	Internationales Einheitensystem	504
21.4	Galvanisches Element	458	25.3	Definitionen	507
22	Organik	461	26	Klassische Mechanik	511
	<i>Deniz Tafrali</i>			<i>Sinan Barus</i>	
22.1	Organische Verbindungen	461	26.1	Einführung in die Mechanik	511
22.2	Kohlenstoff	461	26.2	Basisgrößen und Grundgesetze	511
22.3	Kohlenwasserstoffe	463	26.3	Energie und Erhaltungssätze	512
22.3.1	Alkane	463	26.3.1	Energie	512
22.3.2	Cycloalkane	464	26.3.2	Der Energieerhaltungssatz	513
22.3.3	Alkene	465	26.3.3	Arbeit	513
22.3.4	Alkine	466	26.3.4	Leistung	514
22.3.5	Aromaten	466	26.3.5	Impuls und Drehimpuls	514
22.4	Funktionelle Gruppen	467	26.3.6	Impulserhaltung	514
22.4.1	Sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen	467	26.4	Translations- und Rotationsbewegungen	514
22.4.2	Stickstoffhaltige funktionelle Gruppen	470	26.4.1	Translationsbewegung	514
22.4.3	Schwefelhaltige funktionelle Gruppen	470	26.4.2	Rotationsbewegung	516
23	Substanzen der Natur	473	26.5	Gravitation	520
	<i>Deniz Tafrali</i>		26.6	Reibung	521
23.1	Kohlenhydrate	473	26.7	Schiefe Ebene und Hangabtriebskraft	522
23.1.1	Einfachzucker	473	26.8	Hydrodynamik	523
23.1.2	Zweifachzucker	474	26.8.1	Volumen und Volumenstromstärke	523
23.1.3	Mehrfachzucker	474	26.8.2	Dichte	524
23.2	Proteine	475	26.8.3	Strömungsgeschwindigkeit und Kontinuitätsgleichung	524
23.2.1	Aminosäuren	475	26.8.4	Hydrodynamisches Paradoxon: Das Gesetz von Bernoulli	524
23.2.2	Peptidbindung	477	26.8.5	Auftrieb	525
23.2.3	Peptid und Protein	477	27	Schwingungen	527
23.3	Fette	479		<i>Deniz Tafrali</i>	
23.3.1	Fettsäuren	480	27.1	Einführung	527
23.3.2	Triacylglyceride	481	27.2	Pendel	527
23.3.3	Phosphoglyceride	482	27.2.1	Federpendel	528
23.3.4	Sphingolipide, Wachse, Lipopolysaccharide und Isoprenoide	482	27.2.2	Fadenpendel 2.0	529
23.3.5	Cholesterin	483	27.2.3	Harmonische Schwingungen	529
23.4	Nukleinsäuren	484	27.2.4	Fadenpendel 3.0	530
23.4.1	Nukleinbasen	484	27.3	Gedämpfte Schwingungen	532
23.4.2	Nukleoside und Nukleotide	485	27.4	Erzwungene Schwingungen (Resonanz)	532
23.4.3	Nukleinsäureketten	486			
23.5	Vitamine	487			
23.5.1	Vitamin A	488			
23.5.2	Vitamin B ₁	489			

27.4.1	Perfekte (maximale) Resonanz	533	31.3.2	Brechung	577
27.4.2	Resonanzkatastrophe	533	31.3.3	Konvexe Linsen	578
28	Wellen.	535	31.3.4	Konkave Linsen	581
	<i>Deniz Tafrali</i>		31.3.5	Dispersion und chromatische Abberation	582
28.1	Einführung	535	31.4	Wellenoptik (physikalische Optik)	583
28.1.1	Longitudinalwellen	535	31.5	Optische Instrumente	583
28.1.2	Transversalwellen	535	31.5.1	Spektrometer	583
28.1.3	Geschwindigkeit von Wellen	535	31.5.2	Monochromator	584
28.2	Huygen'sches Prinzip (Elementarwelle)	536	31.5.3	Mikroskope und Teleskope	584
28.3	Harmonische Wellen	538	31.5.4	Das menschliche Auge	585
28.4	Überlagerung von Wellen (Interferenz)	538	32	Quantenmechanik und Atomphysik	589
28.5	Stehende (stationäre) Welle	540		<i>Deniz Tafrali</i>	
28.6	Polarisation von Wellen.	541	32.1	Aufbau des Atoms und der Materie	589
29	Thermodynamik.	543	32.2	Formen von Materie.	595
	<i>Sinan Barus</i>		32.2.1	Antimaterie.	595
29.1	Einleitung	543	32.2.2	Dunkle Materie.	596
29.2	Temperatur	543	32.2.3	Seltsame Materie.	597
29.3	Wärme.	544	32.3	Fundamentale Wechselwirkungen	597
29.4	Wärmekraftmaschinen	545	32.3.1	Starke Wechselwirkung	597
29.5	Die Hauptsätze der Thermodynamik	546	32.3.2	Schwache Wechselwirkung	598
29.6	Zustandsgrößen und Phasenübergänge	547	32.3.3	Elektromagnetische Wechselwirkung.	598
29.7	Diffusion und Osmose	548	32.3.4	Gravitation	598
29.7.1	Diffusion	548	32.4	Kern des Atoms	599
29.7.2	Osmose.	549	32.5	Kernspaltung	599
29.8	Gasgesetze.	549	32.5.1	Massendefekt.	600
29.8.1	Besondere Eigenschaften von Wasser	549	32.6	Kernfusion	600
30	Elektrizität und Magnetismus.	551	33	Orbitaltheorie	601
	<i>Sinan Barus</i>			<i>Sinan Barus</i>	
30.1	Elektrizität und Magnetismus – zwei Seiten einer Medaille	551	33.1	Einführung	601
30.2	Elektrostatik: Ladungen, Felder und Spannung.	551	33.2	Orbitale.	601
30.2.1	Elektrische Ladung.	551	33.3	Elektronenkonfiguration	602
30.2.2	Elektrische Felder.	553	33.4	Quantenzahlen.	603
30.2.3	Elektrische Spannung	554	34	Radioaktivität	605
30.3	Gleichstrom: Grundlagen der Elektrodynamik	555		<i>Sinan Barus</i>	
30.3.1	Elektrische Leiter	555	34.1	Einführung	605
30.3.2	Elektrischer Strom	556	34.2	Strahlungsarten	605
30.3.3	Widerstand	556	34.2.1	Alpha-Zerfall	605
30.3.4	Stromkreise	557	34.2.2	Beta-Zerfall	606
30.3.5	Elektrische Arbeit und Leistung	563	34.2.3	Gamma-Zerfall	607
30.4	Magnetismus	563	34.3	Aktivität und Halbwertszeit	607
30.4.1	Natürliche und künstliche Magnete	564	34.4	Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie	608
30.4.2	Magnetische Feldstärke und Flussdichte	564	34.4.1	Alpha-Strahlung	608
30.4.3	Elektrizität und magnetische Felder	565	34.4.2	Beta-Strahlung	608
30.5	Wechselstrom – Elektrodynamik	567	34.4.3	Gamma-Strahlung	609
30.6	Wellenstrahlung.	568	34.5	Radioaktive Elemente	609
31	Optik.	571	34.6	Kosmische Strahlung	610
	<i>Sinan Barus</i>		35	Formelsammlung Physik.	613
31.1	Licht	571		<i>Deniz Tafrali</i>	
31.1.1	Grundlagen.	571	IV	Mathematik	617
31.1.2	Welle-Teilchen-Dualismus	572	36	Zehnerpotenzen.	619
31.2	Spektren und Energie des Lichts	574		<i>Deniz Tafrali</i>	
31.2.1	Spektren	574	36.1	Vorbemerkung zur Mathematik	619
31.2.2	Licht und Materie: Emission und Absorption	575	36.2	Präfixe.	619
31.3	Strahlenoptik.	576	36.3	Rechenbeispiele	620
31.3.1	Reflexion.	576			

37	Algebra	621	40	Funktionen	647
	<i>Deniz Tafrali</i>			<i>Deniz Tafrali</i>	
37.1	Einführung in die Algebra	621	40.1	Funktionen allgemein	647
37.2	Gleichungen und Ungleichungen	622	40.2	Lineare Funktionen (Geradenfunktionen)	648
37.3	Schlussrechnung (Dreisatz)	624	40.2.1	Steigung	648
37.3.1	Direkt proportionale Schlussrechnung	625	40.2.2	Schnittpunkte mit der x- und y-Achse	648
37.3.2	Indirekt proportionale Schlussrechnung	625	40.3	Quadratische Funktionen (Potenzfunktionen)	649
37.4	Prozentrechnung	626	40.3.1	Verschiebung entlang der x-Achse	649
37.4.1	Prozente	626	40.3.2	Verschiebung entlang der y-Achse	650
37.4.2	Promille	627	40.3.3	Steigung quadratischer Funktionen	650
37.4.3	Parts per million (ppm)	628	40.3.4	Allgemeine Potenzfunktion (quadratische Funktion)	650
37.5	Brüche	628	40.4	Infinitesimalrechnung	650
37.5.1	Rechnen mit Bruchzahlen: Multiplikation und Division	629	40.4.1	Allgemeines zur Differenzialrechnung	651
37.5.2	Rechnen mit Bruchzahlen: Addition und Subtraktion	629	40.4.2	Grundrechenregeln beim Differenzieren	652
37.5.3	Rechnen mit Bruchzahlen: Ganze Zahlen	630	40.4.3	Summenregel	652
			40.4.4	Produktregel	652
			40.4.5	Quotientenregel	653
38	Geometrie	631	40.4.6	Kettenregel	654
	<i>Deniz Tafrali</i>		40.4.7	Allgemeines zur Integralrechnung	654
38.1	Was ist Geometrie?	631	40.4.8	Regeln der Integration	655
38.2	Allgemeine Begrifflichkeiten	631	40.4.9	Herleitung der Integralfunktion	656
38.3	Figuren (2D)	632	40.5	Trigonometrische Funktionen (Winkelfunktionen)	658
38.3.1	Kreis	632	40.6	Exponentialfunktionen	661
38.3.2	Dreieck	633	40.7	Logarithmus	664
38.3.3	Vierecke	635			
38.4	Körper (3D)	635	41	Vektoren	667
38.4.1	Quader und Würfel	635		<i>Deniz Tafrali</i>	
38.4.2	Prisma	637	41.1	Allgemeines (Beträge und Winkel)	669
38.4.3	Zylinder und Kegel	637	41.1.1	Beträge	669
38.4.4	Kugel	638	41.1.2	Winkel und Skalarprodukt	670
38.4.5	Pyramide	639	41.2	Einheits- und Normalvektor	671
			41.2.1	Einheitsvektor	671
			41.2.2	Normalvektor	672
39	Einheiten	643	41.3	Addition und Subtraktion von Vektoren	672
	<i>Deniz Tafrali</i>		41.3.1	Addition	672
39.1	Die Dimensionen von Raum und Zeit	643	41.3.2	Subtraktion	673
39.1.1	Raum	643			
39.1.2	Zeit	643	42	Formelsammlung Mathematik	675
39.2	Umrechnungen der Einheiten	644		<i>Deniz Tafrali</i>	
39.2.1	Länge	644		Register	677
39.2.2	Flächen	644			
39.2.3	Volumen	645			
39.2.4	Zeit	646			



Biologie

„Science is the poetry of reality.“

Richard Dawkins

1	Zellbiologie	3	5	Vererbungslehre	265
1.1	Allgemeine Charakteristika und Zelltypen	3	5.1	Einführung	265
1.2	Zellmembran	6	5.2	Die Mendel'schen Regeln	265
1.3	Stofftransport	10	5.3	Erbgänge	269
1.4	Extrazellularraum	14	5.4	Chromosomentheorie der Vererbung	274
1.5	Protoplasma	16	5.5	Nichtchromosomale Vererbung	282
1.6	Zellkern	17	5.6	Zellteilung	283
1.7	Endoplasmatisches Retikulum und Ribosomen	19	5.7	Aufbau des eukaryotischen Genoms	290
1.8	Golgi-Apparat	21	5.8	Veränderungen des Erbguts: Mutationen	293
1.9	Mitochondrium	22	5.9	Vererbung des Geschlechts	299
1.10	Lysosomen, Proteasomen und Peroxisomen	24	5.10	Entstehung von Krebs	301
1.11	Zytoskelett	27	5.11	Humangenetik	311
1.12	Kinozilien, Geißeln, Mikrovilli	30			
1.13	Zellkontakte	32	6	Molekulargenetik	315
1.14	Zelltod	34	6.1	Einführung	315
			6.2	Desoxyribonukleinsäure	315
2	Embryologie	37	6.3	Wie aus DNA ein Protein wird	325
2.1	Einführung	37	6.4	Regulation der Genaktivität bei Prokaryoten und Eukaryoten	333
2.2	Befruchtung bis Einnistung	38	6.5	Genomik	337
2.3	Entwicklung der Keimblätter	46	6.6	Proteomik	337
2.4	Embryonal- und Fetalentwicklung in ihren Grundzügen	53	6.7	Epigenetik	338
2.5	Plazenta und Eihäute	54			
2.6	Nabelschnur	58	7	Die Entstehungsgeschichte des Lebens	341
			7.1	Einführung	341
3	Gewebelehre	61	7.2	Beginn des Lebens	342
3.1	Einführung	61	7.3	Grundeigenschaften des Lebens	346
3.2	Grundlegender Aufbau des Körpers: Zelltypen, Strukturen und Gewebe	62	7.4	Evolution	347
3.3	Die vier Gewebearten	64	7.5	Phylogenetik	354
4	Makro- und mikroskopische Anatomie und Physiologie des menschlichen Körpers	83	8	Ökologie	357
4.1	Einführung	83	8.1	Einführung	357
4.2	Gastrointestinaltrakt	84	8.2	Organismen, Umwelt und ihre Wechselwirkungen ..	357
4.3	Herz-Kreislauf-System	110	8.3	Abiotische und biotische Faktoren	358
4.4	Blut und Lymphe	123	8.4	Die Population und ihr Lebensraum	358
4.5	Atmungsorgane	130	8.5	Ökologische Nischen	358
4.6	Skelettsystem	143	8.6	Was ist das biologische Gleichgewicht?	359
4.7	Nervensystem	152	8.7	Ökosysteme	359
4.8	Sinnesorgane	178	8.8	Die Nahrungskette und der Energiefluss	360
4.9	Endokrines System	207	8.9	Umweltschutz	360
4.10	Immunsystem	217			
4.11	Harnsystem	232	9	Immunbiologie	363
4.12	Geschlechtssysteme	247	9.1	Antikörper	363
			9.2	Klinische Bedeutung der Immunologie	369

Fokus-Themen Biologie

Beim altfragenorientierten Lernen solltest du den Fokus auf den Körper des Menschen legen, da hierzu jährlich rund 45 % der Fragen gestellt werden. Außerdem werden oft Fragen zur menschlichen Zelle, zu den Grundlagen der Frühentwicklung des Menschen und zur Genetik gestellt.

Stichwortliste Biologie, gestaffelt nach den häufigsten Prüfungsthemen

Stichwort	Prozentsatz
Der menschliche Körper – Anatomie und Physiologie	45 %
Die menschliche Zelle	13 %
Grundlagen der Frühentwicklung des Menschen	12 %
Genetik	11 %
Molekulare Genetik	8 %
Evolution	4 %
Immunbiologie	3 %

Die häufigsten Altfragen in der Biologie

Thema	Häufigkeit
• Aufzählung der lymphatischen Organe	9 × geprüft
• Vererbungsmodus der Blutgruppen	8 × geprüft
• Physiologie des weiblichen Zyklus, insbesondere Ovulation • Nabelschnur • Bezeichnungen der Keimblätter • Entwicklungsstadien der befruchteten Eizelle an verschiedenen Zeitpunkten • Grundaussagen Darwins	6 × geprüft
• Gleichgewichtsorgan • Filterfunktion der Niere (Ort der Blut-bzw. Primärharnfiltration) • Crossing-over • Proteine im Sinne der Proteinbiosynthese • Miller-Urey-Experiment • X-chromosomal-rezessiver Erbgang • Genauer Mechanismus der Translation und Transkription • Fakten zu Mitose und Meiose • Gendrift	5 × geprüft
• Aufzählung von Organellen mit zwei Membranen • Pfortner • Physiologischer RR • Mündungen der Vena cava superior et inferior • Kreuzungsschema dihybrid dominant-rezessiver Erbgänge • Zeitlicher Ablauf der Mitose • Aufbau und Molekularbiologie der DNA • Folgestrukturen der Keimblätter (Urdarm) • Endozytose • Lokalisation des Herz- und Atemzentrums • Kreuzungsschema dihybrid dominant-rezessiver Erbgänge • Chargaff-Regel	4 × geprüft



Zahlreiche Übungen zur Biologie findest du in Band 3 „MedAT 1000 BMS-Übungen“

KAPITEL

1

Zellbiologie

Deniz Tafrali

DEFINITIONEN Die „**Zelle**“ ist eine kleine, dreidimensionale Struktur, die auch Grundbaustein der Lebewesen genannt wird. Sie ist lebendig und mit einer wässrigen Flüssigkeit voll (bio-)chemischer Stoffe befüllt, die von einer dynamisch-beweglichen Hülle umgeben wird.

MedAT-Stichwort

Die menschliche Zelle

Die kleinste Einheit des Lebens.

So werden Zellen heutzutage von verschiedenen Lehrbüchern beschrieben. Und das nicht zu Unrecht: Alle uns bekannten Lebensformen bestehen im Grunde aus ihnen. Begonnen bei den kleinsten einzelligen Blaualgen bis hin zu vielzelligen Tieren wie dem Blauwal. Man darf sich von dem Begriff „Einheit“ jedoch nicht irritieren lassen: Zellen sind nämlich besonders in ihrer Form und Funktion alles andere als einheitlich (> Abb. 1.1). Die Körperzellen von hochentwickelten Organismen wie dem Menschen sind sogar, bis auf wenige Ausnahmen, **höchst spezialisiert**.

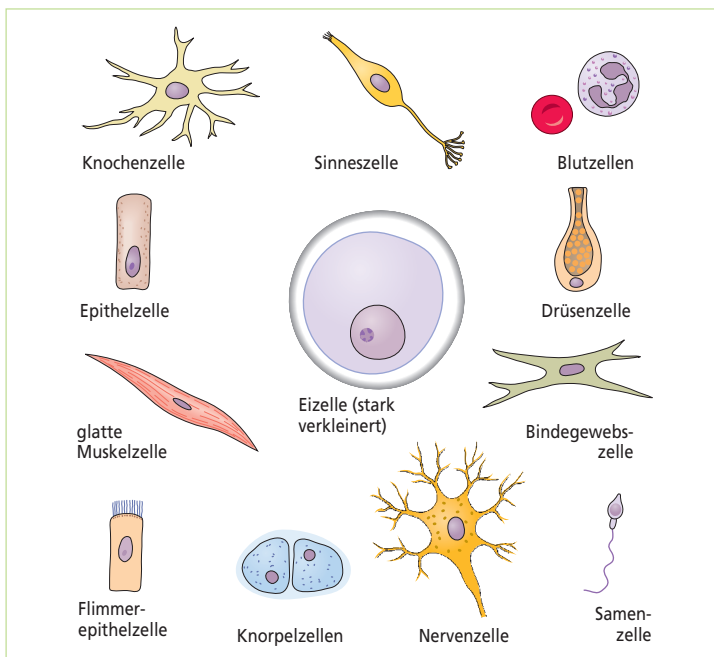


Abb. 1.1 Beispiele für die Differenzierung menschlicher Zellen [L190]

1.1 Allgemeine Charakteristika und Zelltypen

Und doch haben alle Zellen bestimmte, **elementare Grundbausteine**, die (fast) allen gleich sind: die **Zellorganellen**. Um das Thema Zelle ganzheitlich zu verstehen, werden wir uns zunächst allgemein mit dem Aufbau und der Funktion der Zelle befassen, um danach die Zellorganellen in den nachfolgenden Kapiteln genauer zu untersuchen.

Zunächst einmal jedoch eine (sehr) grobe Unterteilung der Zellen in zwei Sparten: Es gibt die **Prokaryoten** (auch: Prokaryonten, Prokaryozyten oder Prozyten) und die **Eukaryoten** (auch: Eukaryonten, Eukaryozyten oder Euzyten) (> Abb. 1.2).

MedAT-Stichwort

Allgemeine Charakteristika Zelltypen

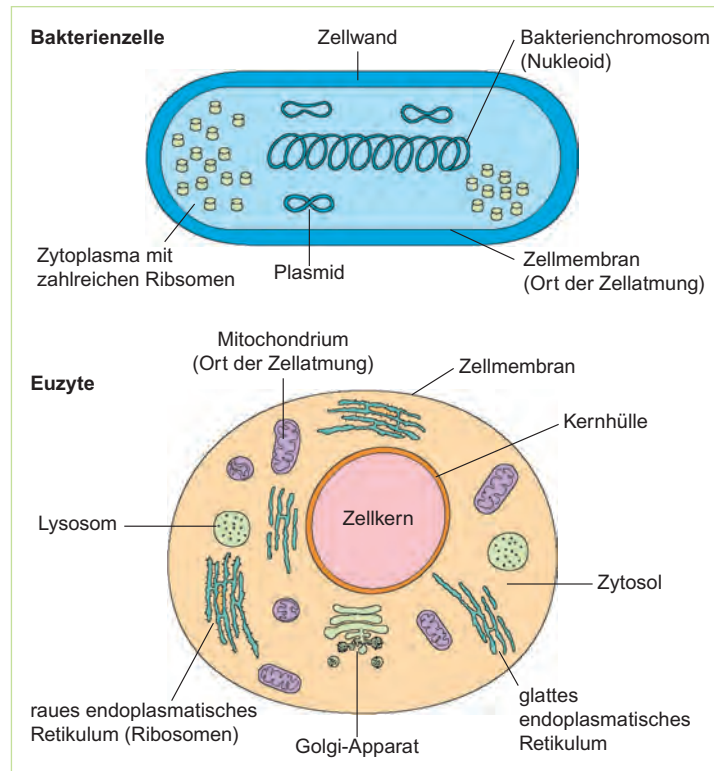


Abb. 1.2 Bakterienzelle und eukaryotische Zelle im Vergleich [G157]

AUS DEM MEDIZINSTUDIUM Prokaryoten besitzen **keinen Zellkern** und sind im Allgemeinen einfacher aufgebaut als Eukaryoten. Die wichtigsten Vertreter der Prokaryoten sind die **Bakterien**. Eukaryoten besitzen einen **Zellkern**. Zu den Eukaryoten zählen unter anderem die mehrzelligen Organismen (wie **Tiere und Pflanzen**) sowie die **Pilze**.

VERSTÄNDNIS* Um die Bedeutung unbekannter Begriffe zu erschließen, ist es oft empfehlenswert, sich grundlegende Wortbestandteile einzuprägen. „Pro-“ bedeutet in der Regel „vor“. Die Begriffe „kary“ und „zyto“ weisen auf den **Kern** bzw. die **Zelle** hin. Die Präfixe „intra-“, „inter-“ und „extra-“ leiten sich aus dem Lateinischen ab und bedeuten „**innerhalb**“, „**zwischen**“ bzw. „**außerhalb**“, was ihre Verwendung in Begriffen wie **intrazellulär** (innerhalb der Zelle), **interzellulär** (zwischen den Zellen) und **extrazellulär** (außerhalb der Zellen) leicht verständlich macht.

MedAT-GEHEIMTIPP Da seit dem MedAT 2015 das Thema Prokaryoten aus der Stichwortliste gestrichen und seitdem auch keine einzige Frage mehr zu diesem Thema im BMS gestellt wurde, konzentrieren wir uns in diesem Buch lediglich auf die eukaryotische Zelle. 2013 geprüft: Bild einer Zelle mit zu benennenden Zellorganellen. Außerdem: Was ist die kleinste teilungsfähige Einheit des Lebens? Antwort: Die Zelle.

Was macht nun eine eukaryotische Zelle aus (> Abb. 1.3)?

Sie stellt einen durch eine **Zellmembran** begrenzten dreidimensionalen Raum dar, in welchem **Stoffwechsel** betrieben wird. Dieser Raum ist nicht etwa leer, sondern mit einer wässrigen Lösung befüllt, die man **Zytosol** nennt. Das mag zwar so klingen, als wären Zellen mikroskopisch kleine Wasserballons, jedoch ist dem nicht so. Ihre Struktur und Stabilität bekommen sie von einem Stützgerüst namens **Zytoskelett**, welches aus mehreren dicht ineinandergreifenden Proteinnetzen mit verschiedenen Grundbausteinen besteht, die teilweise fest, teilweise locker mit den Zellorganellen und der Zellmembran verwachsen sind. Ausläufer des Zytoskeletts, die über die Zellmembran **Kinozilien**, **Geißeln** oder **Mikrovilli** bilden, vergrößern einerseits die Zelloberfläche, andererseits befähigen sie die Zelle dazu, verschiedene Bewegungen durchführen zu können. Der Raum zwischen eukaryotischen Zellen nennt sich **Interzellularraum** und besteht aus **Interzellularsubstanz (extrazellulärer Matrix)**, die als Stützgerüst für Gewebe fungiert.

KAPITEL

4

Makro- und mikroskopische Anatomie und Physiologie des menschlichen Körpers

Deniz Tafrali, Sinan Barus, Lena Dax,
Alexander Schöllkopf

4.1 Einführung

Deniz Tafrali

Für ein grundlegendes Verständnis bietet es sich an, den Körper hierarchisch von seinen größten bis zu seinen kleineren Teilen abzuarbeiten.

Wir können einen Menschen zunächst in **Stamm** und **Extremitäten** einteilen. Der Stamm besteht aus **Kopf, Hals und Rumpf**, die Extremitäten aus **oberer und unterer Extremität** (> Abb. 4.1).

Wenn man den Kopf und den Hals außen vorlässt, kann man mit dem Rumpf weitermachen. Dieser besteht aus **Thorax (Brust), Abdomen (Bauch) und Pelvis (Becken)**. Der Thorax wird vom Abdomen **durch das Zwerchfell getrennt** und enthält als größere Organe das **Herz** und die **Lungen**. Das Abdomen beinhaltet den Großteil des **Verdauungstraktes** sowie die **Nieren**. Im weiblichen Becken befindet sich die **Gebärmutter**, im männlichen und weiblichen Becken **Teile des Harnleiters** und der **Enddarm**.

Durch die oberflächliche Betrachtung des anatomischen Baus des menschlichen Körpers haben wir nun einen **makroskopischen Überblick** gewonnen, den wir im Laufe der nächsten Kapitel vertiefen wollen, um uns anschließend jeweils mit der mikroskopischen Anatomie und schlussendlich der Physiologie zu beschäftigen.

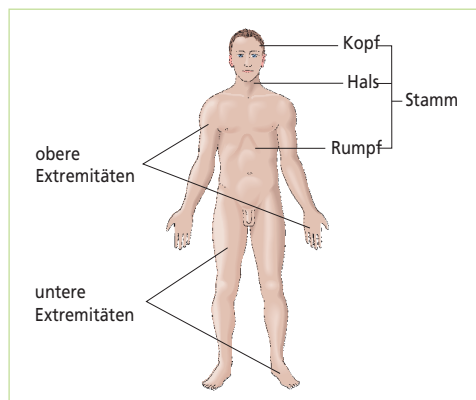


Abb. 4.1 Die verschiedenen Körperabschnitte [L190]

MedAT-Stichwort

Der menschliche Körper
Grundlagen der mikroskopischen und
makroskopischen Anatomie und Physiologie

MedAT-Stichwort

Organ- und Struktursysteme

VIDEO: Anatomie und Organisation des Körpers



<https://www.elsevier.com/books-and-journals/book-companion/9783437412592>

VERSTÄNDNIS* Eine wichtige Sache vorab. In der Medizin betrachtet man Präparate immer so, als würde man sie von vorne anschauen, beschreibt sie aber, als würde man sich in sie hineinversetzen – also seitenverkehrt.

Das bedeutet, dass ihr das anatomische Schaubild, den Kadaver oder die Zeichnung immer so betrachtet, dass er euch gegenübersteht. Euer „Links“ im Bild ist also „Rechts“.

Ein konkretes Beispiel zeigen wir euch anhand > Abb. 4.1. Wir sehen **von unserem Betrachtungspunkt** aus, dass der Begriff „obere Extremitäten“ in dieser Abbildung **links der Person** steht. Wenn man aber medizinisch über das Bild spricht, sagt man, dass „**obere Extremitäten**“ **rechts der Person** steht, da man sich in seine Lage versetzt bzw. alles vom Blickpunkt des Objekts und nicht des Betrachters beschreibt.

4.2 Gastrointestinaltrakt

Sinan Barus, Deniz Tafrali

MedAT-Stichwort

Verdauungssystem
Anteile: Mund, Speiseröhre, Magen-Darm-Kanal
Anhangsdrüsen: Leber, Gallenblase, Bauchspeicheldrüse

VIDEO: Das Verdauungssystem



<https://www.elsevier.com/books-and-journals/book-companion/9783437412592>

Beginnen wir mit dem Verdauungstrakt.

VERSTÄNDNIS* „Gaster“ ist der lateinische Begriff für „Magen“, während „Intestinum“ für „Darm“ steht. Daraus ergibt sich: Gastrointestinaltrakt = Magen-Darm-Trakt = Verdauungstrakt.

In diesem Unterkapitel werden wir den gesamten Verdauungstrakt Schritt für Schritt durchgehen – vom oberen Eingang (**Mundhöhle**) bis zum unteren Ausgang (**Anus**) – und dabei der Reihenfolge der Nahrungsverarbeitung folgen. Es ist wichtig zu verstehen, dass der Verdauungstrakt im Grunde ein langer, durchgehender Schlauch ist, der vom Mund bis zum Anus verläuft. Für das allgemeine Verständnis lässt sich außerdem sagen, dass der Innenraum des Gastrointestinaltraktes funktionell betrachtet außerhalb des Körpers liegt.

VERSTÄNDNIS* Eigentlich verrückt, wenn man darüber nachdenkt: Jeden Tag nehmen wir Nahrung zu uns, ohne genau zu wissen, woher sie stammt, was sie alles enthält und ob möglicherweise schädliche Bestandteile dabei sind. Dennoch ist diese lebensnotwendige Tätigkeit ein zentraler Bestandteil unseres Alltags. Die Tatsache, dass sich hinter einem so gewöhnlichen Vorgang so viele spannende und komplexe Prozesse verbergen, sollte uns beim Durcharbeiten der nächsten Unterkapitel als Motivation dienen.

Zunächst ein paar allgemeine Infos zum Gastrointestinaltrakt: Die Verdauungsorgane oberhalb des Zwerchfells umfassen die Mundhöhle mit ihren **Speicheldrüsen**, den **Gaumen**, den **Rachen** mit seinen lymphatischen Organen (wie dem Waldeyer'schen Rachenring, umgangssprachlich auch Mandeln genannt) sowie die **Speiseröhre**.

Unterhalb des Zwerchfells befinden sich der **Magen**, der **Dünndarm** und der **Dickdarm**. Weitere wichtige Organe sind die **Leber**, die **Bauchspeicheldrüse** und die **Gallenblase**. Der gesamte Verdauungstrakt ist mit einer Ring- und Längsmuskelschicht ausgestattet, die durch wellenförmige Kontraktionen (Peristaltik) den Nahrungsbrei in Richtung Anus transportiert.

Da es schwer vorstellbar ist, wie sich ein 9 m langer Verdauungsschlauch im Bauchraum organisiert, machen wir ein Gedankenexperiment: Stellt euch den Bauchraum zunächst als leeren Raum vor, der von einer hauchdünnen Schicht spezieller Haut ausgekleidet ist. Diese Haut besteht aus zwei Schichten: einem **Mesothel** (spezialisiertes Epithel) und einem Bindegewebsblatt. Diese Struktur nennt man **Peritoneum**. Unser vereinfachtes Bild des Bauchraums ist jedoch noch unvollständig – der Verdauungstrakt muss sich durch den Raum ziehen. Um dies zu vereinfachen, stellen wir uns das Verdauungsrohr senkrecht von oben nach unten verlaufend vor. Allerdings „schwebt“ der Darm nicht frei im Bauchraum, sondern ist an der Bauchwand befestigt.

Wie funktioniert diese Befestigung?

Das gesamte Verdauungsrohr und alle Bauchorgane sind ebenfalls von einer Doppelschicht aus Mesothel und Bindegewebe umgeben – dem **Peritoneum**.

MedAT-GEHEIMTIPP Welche anatomische Struktur trennt die Brust- von der Bauchhöhle? Antwort: Das Zwerchfell.

AUS DEM MEDIZINSTUDIUM Das Peritoneum, das die Innenseite des Bauchraums auskleidet, wird als **Peritoneum parietale** bezeichnet. Die Schicht, die die Bauchorgane (einschließlich des Darmschlauchs) von außen umhüllt, nennt man **Peritoneum viscerale**.

Der Darm ist durch das bisher beschriebene Peritoneum zwar **umhüllt**, aber noch nicht an der Bauchwand befestigt. Die Verbindung zur Bauchwand entsteht dadurch, dass sich das Peritoneum der Bauchwand mit dem Peritoneum des Darmschlauchs verbindet. Diese Verbindung, die ebenfalls aus den beiden zuvor genannten Blättern besteht, wird als **Mesenterium** bezeichnet.

DEFINITIONEN **Serosa** ist die äußere Schicht von Organen in der Bauchhöhle, bestehend aus einem Mesothel und dünner Bindegewebsschicht, die eine glatte, gleitfähige Oberfläche bildet.

Adventitia ist eine äußere Bindegewebsschicht, die Organe mit ihrer Umgebung verbindet und hauptsächlich in Regionen außerhalb der Bauchhöhle vorkommt.

In der Realität ist der Bauchraum jedoch wesentlich komplexer organisiert, als es unser Gedankenexperiment suggeriert. Eine realistischere Anordnung im Bauchraum ist in > Abb. 4.2 und > Abb. 4.3 dargestellt.

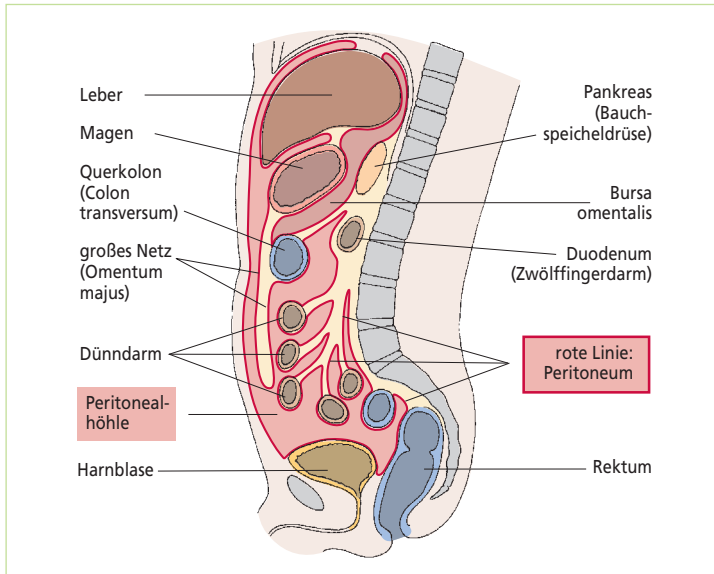


Abb. 4.2 Peritoneum an Bauchwand und auf den Organen sowie Mesenterien, die beide verbinden [L190]

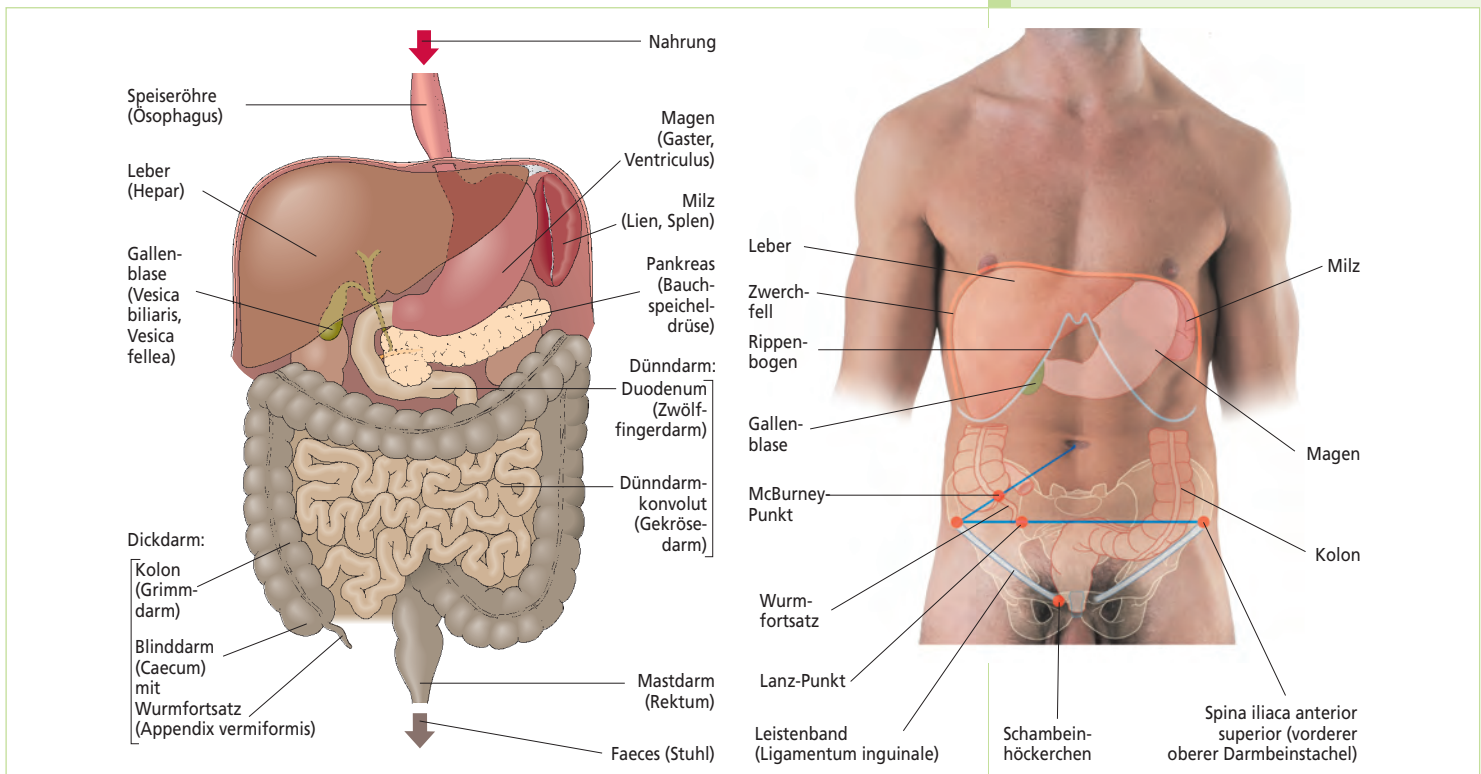


Abb. 4.3 Links: Übersicht über die Verdauungsorgane (vereinfachte Darstellung). Rechts: Projektion von Leber, Magen, Milz und Teilen des Dickdarms auf die vordere Bauchwand [E402, L190]

Nicht alle Bauchorgane sind so flexibel organisiert, wie es in > Abb. 4.3 erscheinen mag – einige haben feste Positionen im Bauchraum:

- Die Leber befindet sich immer im rechten Oberbauch.
- Die Milz sowie der Magen liegen im linken Oberbauch.
- Der Zwölffingerdarm, der dem Magen nachgeschaltet ist, befindet sich im rechten Oberbauch.
- Der Blinddarm (Appendix) ist stets im rechten Unterbauch zu finden.
- Die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) liegt immer hinter dem Magen, leicht nach unten versetzt.

MedAT-GEHEIMTIPP Schon einmal gefragt: Wo befindet sich der Blinddarm **gewöhnlich**? Im rechten Unterbauch!
Ebenfalls beliebt: Eigenschaften der glatten Muskulatur des Darms.

AUS DEM MEDIZINSTUDIUM Beim **Situs inversus** sind die Lokalisationen der inneren Organe spiegelbildlich angeordnet: Die Leber befindet sich auf der linken Seite, der Magen auf der rechten Seite und die Herzspitze zeigt nach rechts.

4.2.1 Makroskopische Anatomie

Sinan Barus

Mundhöhle

Die Mundhöhle ist ein beidseitig offener Raum, der wichtige Verdauungswerkzeuge beherbergt (> Abb. 4.4). Sie wird in den **Mundhöhlenvorhof** und den **Mundhöhlenhauptraum** (Mundhöhle im engeren Sinne) unterteilt.

Der Mundhöhlenvorhof befindet sich zwischen den Wangen, Lippen und den Zähnen. Der Mundhöhlenhauptraum ist durch folgende Strukturen begrenzt:

- Oben: Harter und weicher Gaumen
- Unten: Unterseite der Zunge und die Mundbodenmuskulatur (Muskelplatte zwischen den Unterkieferästen)
- Seitlich: Zahnreihen von Ober- und Unterkiefer
- Hinten: Übergang zum Rachen
- Vorne: Schneide- und Eckzähne (von hinten betrachtet)

MedAT-GEHEIMTIPP Bereits zweimal gefragt (zuletzt 2024): Wann bildet sich der Zahnschmelz beim Embryo? Um die 10. SSW.

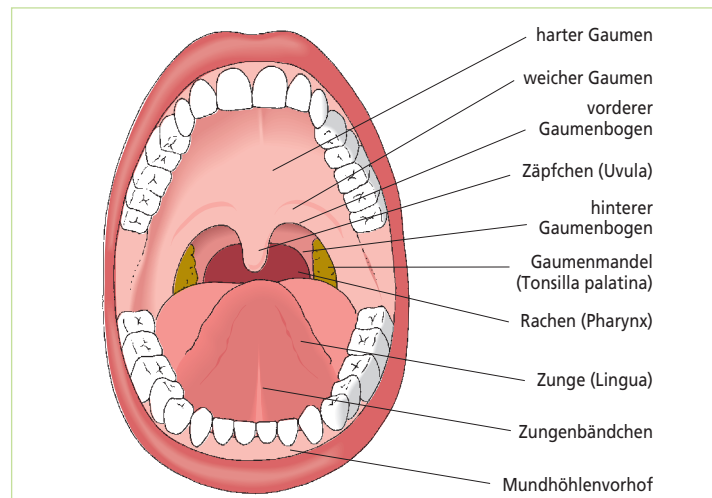


Abb. 4.4 Blick in die Mundhöhle [L190]

Chemie

„Staunen ist der erste Schritt zu einer Erkenntnis.“

Louis Pasteur

10	Bau des Atoms	377	18	Gleichgewicht	423
10.1	Elementarteilchen	377	18.1	Reaktionsgeschwindigkeit	423
10.2	Atomkern	378	18.2	Enthalpie, Entropie und Gibbs freie Energie	424
10.3	Elektronenhülle	379	18.3	Massenwirkungsgesetz	427
10.4	Masse, Ladung und ihre Relativität	380			
11	Quantenmechanik – ganz leicht natürlich	381	19	Besondere Elemente und Moleküle	429
11.1	Heisenberg'sche Unschärferelation	381	19.1	Elemente des menschlichen Körpers	429
11.2	Licht und elektromagnetische Strahlung	382	19.2	Wasserstoff, Sauerstoff und Wasser	430
11.3	Der Teilchen-Welle-Dualismus	384	19.3	Kohlenstoff und Kohlensäure	433
			19.4	Oxide	435
12	Die Gasgesetze	387	19.5	Stickstoff	435
12.1	Das Mol	387	19.6	Halogene	436
12.2	Eigenschaften und Verhalten von Gasen	387	19.7	Schwefel	436
12.3	Ideale Gase und Gasgleichung	388			
12.4	Die Gasgesetze im Detail	389	20	Säuren und Basen	439
12.5	Absolute Temperatur	390	20.1	Säuren und Basen nach Brønsted	439
			20.2	Autoprotolyse des Wassers und pH-Wert	440
13	Zustandsformen der Materie	393	20.3	Säurestärke	442
13.1	Zustandsformen und Phasen	393	20.4	Starke und schwache Säuren	443
13.2	Phasenübergänge	393	20.5	pH-Wert-Berechnung	444
13.3	Intermolekulare Wechselwirkungen	395	20.6	Klassifikation von Säuren	445
13.4	Von der Physik zur Chemie	396	20.7	Neutralisation	450
			20.8	Salze	450
14	Das Periodensystem der Elemente	397	21	Reduktions-Oxidations-Reaktionen	455
14.1	Einführung	397	21.1	Oxidation und Reduktion	455
14.2	Ordnungsprinzip und Gruppen	397	21.2	Oxidationszahlen	456
14.3	Perioden und Schalen	399	21.3	Redox-Potenzial und elektrochemische Spannungsreihe	457
14.4	Isotope	399	21.4	Galvanisches Element	458
14.5	Oktettregel	400			
14.6	Atomradien	401	22	Organik	461
14.7	Elektronegativität	401	22.1	Organische Verbindungen	461
15	Bindungen	405	22.2	Kohlenstoff	461
15.1	Ionische Bindung	405	22.3	Kohlenwasserstoffe	463
15.2	Metallische Bindung	406	22.4	Funktionelle Gruppen	467
15.3	Kovalente Bindungen	408			
16	Grundlagen chemischer Reaktionen	411	23	Substanzen der Natur	473
16.1	Symbole in der Chemie	411	23.1	Kohlenhydrate	473
16.2	Chemische Formeln	412	23.2	Proteine	475
			23.3	Fette	479
17	Reaktionen	419	23.4	Nukleinsäuren	484
17.1	Reaktionsgleichungen	419	23.5	Vitamine	487
17.2	Stöchiometrie	420	24	Formelsammlung Chemie	499

KAPITEL

10 Bau des Atoms

Sinan Barus

10.1 Elementarteilchen

MedAT-GEHEIMTIPP Begriff wie Isotop, Element etc müsst ihr sicher definieren können, da man oftmals durch Falschantworten versuchen wird, euch zu verwirren. Zudem solltet ihr euch die unterschiedlichen "Zahlen" herleiten können.

Wenn z. B. gesagt wird, dass ein Calcium-Ion zweifach positiv geladen ist (Ca^{2+}), die Ordnungszahl 20 und die Massezahl 40 hat, muss klar sein:

Die Ordnungszahl entspricht der Protonenzahl und der Kernladungszahl (beide 20). Die Massezahl ist die Summe aus Protonen- und Neutronenzahl, also ist die Neutronenzahl ebenfalls 20 ($40 - 20$). Da das gesamte Teilchen zweifach positiv geladen ist, muss es zwei Protonen mehr als Elektronen geben. Folglich ist die Elektronenzahl 18 ($20 - 2$).

2023 wurde ein Diagramm zu verschiedenen Anzahlen an Nukliden geprüft und Fragen dazu gestellt, wann welche Atome mit welcher Neutronen- bzw. Protonenzahl stabil sind.

Je mehr wir uns der Grundlage allen Seins nähern, desto mehr überschneiden sich die einzelnen Disziplinen der Naturwissenschaften und verschmelzen zu einer fundamentalen, allgemeinen Betrachtungsweise. So auch hier: Wir wollen uns die Chemie anschauen, beginnen aber mit der Physik und dem Aufbau der Materie, da sich aus dem Grundaufbau letztlich alle Eigenschaften ableiten, die wir später beobachten können.

Sicher wisst ihr, dass alles um uns herum aus Atomen besteht. Der Begriff leitet sich vom Griechischen *ἄτομος* (*átomos*) ab und bedeutet „unteilbar“. Ist das wirklich so? Und was macht ein Atom aus? Im klassischen Verständnis gibt es drei elementare Teilchen, die die Struktur und die Eigenschaften eines jeden Atoms bestimmen: **Protonen**, **Neutronen** und **Elektronen**. Diese drei Teilchen bilden die Grundlage für alles, was wir in der Natur sehen und jede Eigenschaft eines Stoffes, die wir beobachten und untersuchen können.

Protonen sind **positiv geladene Teilchen**, die sich im **Atomkern** befinden. Ihre elektrische Ladung wird als $+1$ definiert und dient als entscheidendes Kriterium für die chemische Identität eines Elements. Die Anzahl der Protonen, auch **Ordnungszahl** genannt, bestimmt, welches Element wir vor uns haben – Wasserstoff hat ein Proton, Helium zwei, Lithium drei, und so weiter. Protonen sind vergleichsweise schwer: Ihre Masse beträgt etwa **1 u** (atomare Masseneinheit), was fast **2000-mal schwerer ist als die Masse eines Elektrons**.

Neutronen hingegen sind **elektrisch neutral**, tragen also keine Ladung. Sie befinden sich ebenfalls im **Atomkern** und haben eine Masse, die **fast identisch** mit der der Protonen ist. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, den Kern zusammenzuhalten und durch ihre Anzahl weitere Eigenschaften des Elements festzulegen. Ohne Neutronen würde die abstoßende Kraft zwischen den positiv geladenen Protonen den Kern auseinanderreißen. In Kombination mit den Protonen bestimmen die Neutronen die Massenzahl eines Atoms. Viele Elemente haben Isotope – Atome mit der gleichen Anzahl an Protonen, aber einer **unterschiedlichen Anzahl an Neutronen**.

Elektronen sind das dritte klassische elementare Teilchen und in vielerlei Hinsicht das genaue Gegenteil der Protonen. Sie sind winzig, mit einer Masse von etwa **1/2000 der eines Protons**, und tragen eine negative Ladung. Elektronen bewegen sich in der sogenannten Elektronenhülle um den Kern herum, auf Bahnen, die durch Energieniveaus definiert sind. Ihre Anordnung bestimmt die chemischen Eigenschaften eines Atoms, insbesondere wie es mit anderen Atomen reagiert. Elektronen verhalten sich sehr dynamisch und können Energie aufnehmen oder abgeben, indem sie zwischen verschiedenen Energieniveaus springen.

Sind das nun aber wirklich die elementaren Bausteine, aus denen alle Materie aufgebaut ist? Nicht ganz: Obwohl man eine Zeit lang glaubte, dass sie nicht mehr weiter teilbar seien, zeigte sich, dass Protonen und Neutronen selbst nicht elementar sind, sondern aus noch kleineren Teilchen bestehen: den **Quarks**. Ein Proton besteht aus zwei „up“-Quarks und einem „down“-Quark, während ein Neutron zwei „down“-Quarks und ein „up“-Quark enthält. Diese Quarks werden durch **Gluonen** (engl. *to glue* für „kleben“) zusammengehalten, die die sog. **starke Wechselwirkung** vermitteln. Elektronen hingegen gehören zu einer

MedAT-Stichwort
Atombau

MedAT-Stichwort
Elementarteilchen

anderen Teilchenfamilie, den **Leptonen**, und gelten derzeit als wirklich elementar, da keine Unterstruktur bekannt ist (> Abb. 10.1, > Tab. 10.1).

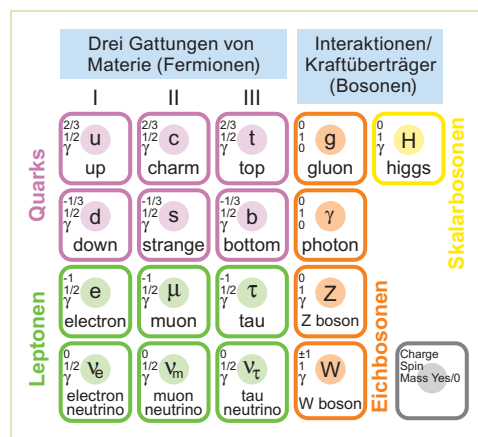


Abb. 10.1 Das Standardmodell der Elementarteilchen [E1443, L126]

Tab. 10.1 Übersicht der klassischen Elementarteilchen

Teilchen	Ladung	Masse	Ort im Atom	Besonderheiten
Proton	+1	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ($\sim 1 \text{ u}$)	Atomkern	Bestimmt die Ordnungszahl und damit das Element
Neutron	0	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ($\sim 1 \text{ u}$)	Atomkern	Stabilisiert den Kern; Anzahl beeinflusst Isotope
Elektron	-1	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ($\sim 1/2000 \text{ u}$)	Elektronenhülle	Bestimmt die chemischen Eigenschaften des Atoms

10.2 Atomkern

Stellt euch ein Atom zunächst einfach als **Kugel** vor. In der Mitte dieser Kugel befindet sich der Atomkern (> Abb. 10.2), der aus zwei Arten von Teilchen besteht: Protonen und Neutronen, die zusammen als Nukleonen bezeichnet werden. Da die Protonen positiv geladen sind, ist auch der Atomkern insgesamt positiv geladen. Der Atomkern konzentriert auch den allergrößten Teil der Masse eines Atoms, da Protonen und Neutronen um ein Vielfaches schwerer sind als Elektronen.

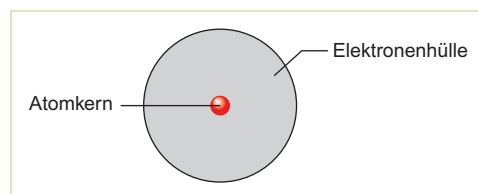


Abb. 10.2 Vereinfachtes Atom [L253]

VERSTÄNDNIS* Zur Verdeutlichung der Größenverhältnisse: Wenn das gesamte Atom so groß wäre wie ein Fußballstadion, dann wäre der Atomkern gerade einmal so groß wie ein Reiskorn auf dem Anstoßpunkt.

Die Anzahl der Protonen im Kern wird als **Ordnungszahl Z** bezeichnet und ist das zentrale Kriterium für die Klassifizierung eines Elements. Beispielsweise hat Wasserstoff (H) ein Proton ($Z = 1$), Sauerstoff (O) acht Protonen ($Z = 8$), und Uran (U) hat 92 Protonen ($Z = 92$) (> Abb. 10.3). Gemeinsam mit den Neutronen ergibt sich die **Massenzahl A**, also die Gesamtzahl der Nukleonen im Kern ($A = Z + N$, wobei N die

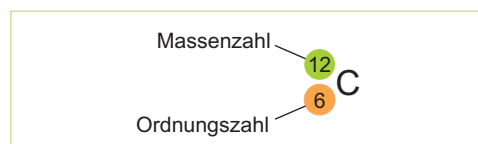


Abb. 10.3 Ordnungs- und Massenzahl beim Kohlenstoff [L253]

KAPITEL

21

Reduktions-
Oxidations-Reaktionen

Deniz Tafrali

21.1 Oxidation und Reduktion

MedAT-GEHEIMTIPP Hier gilt wie bei den chemischen Bindungen und dem Säure-Base-Haushalt: Lernen und verstehen. So löst man die Aufgaben beim MedAT zu diesen Themen eigentlich recht einfach. Es wurde hier schon **sechsmal** nach den Folgen der Reduktion/Oxidation eines Atoms oder Moleküls gefragt und, genauer, sowohl nach der Redoxreaktion von Salzsäure und Zink, als auch nach dem allgemeinen Oxidations-/Reduktionsverhalten von Säuren und Basen.

Bezüglich Letzterem ist zu sagen, dass Säuren als Protonendonatoren (im Brønsted-Sinn) erstmal nichts mit Oxidations- oder Reduktionsreaktionen zu tun haben. Betrachtet man sie jedoch im Sinne einer **Lewis-Säure** (bzw. Base) sind Säuren **Elektronenpaar-Akzeptoren**, während Basen **Elektronenpaar-Donatoren** sind. Diese Definition erweitert das Säure-Base-Konzept auf Fälle, in denen **keine Protonen ausgetauscht** werden. Eine Lewis-Säure bindet ein freies Elektronenpaar einer Lewis-Base und bildet so eine koordinative Bindung. Beispiele sind Metallionen (z. B. Fe^{3+}) als Lewis-Säuren oder Liganden wie NH_3 (Ammoniak) als Lewis-Basen.

2024 wurde nach dem Molekül Ozon als Oxidations-/Reduktionsmittel gefragt.

2025 wurde geprüft, in welcher der gegebenen Verbindungen Chlor die höchste Oxidationszahl hat. Die korrekte Antwort war in Perchlorsäure. Ebenfalls 2025 wurde nach der Oxidationszahl von Wasserstoff gefragt – diese beträgt -1 .

MedAT-Stichwort
Redox-Reaktionen

MedAT-Stichwort
Oxidation/Reduktion

Der Begriff „Redox“ setzt sich aus den Prozessen Oxidation und Reduktion zusammen, die stets gekoppelt auftreten. **Gibt** ein Stoff **Elektronen ab**, wird er **oxidiert**. **Nimmt** ein Stoff **Elektronen auf**, wird er **reduziert**. Da Elektronen in der Natur nicht frei existieren, erfolgt der Elektronenübergang immer in Form einer **Redox-Reaktion**.

DEFINITIONEN Ein Stoff, der Elektronen abgibt (Oxidation), fungiert als **Reduktionsmittel**, während ein Stoff, der Elektronen aufnimmt (Reduktion), als **Oxidationsmittel** wirkt.

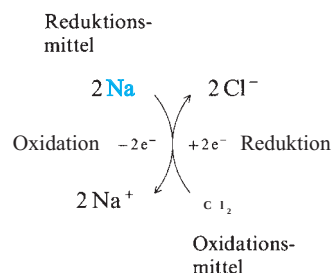
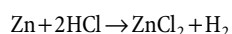


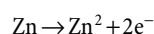
Abb. 21.1 Redoxreaktion bei der Entstehung von Kochsalz [L253]

Ein Beispiel für eine einfache Redox-Reaktion ist die Reaktion zwischen **Natrium** und **Chlor** zur Bildung von **Natriumchlorid** (Kochsalz) ($\gg$ Abb. 21.1).

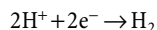
Ein weiteres MedAT-relevantes Beispiel ist die Redoxreaktion zwischen **Salzsäure** (HCl) und **Zink** (Zn). Sie führt zur Bildung von **Zinkchlorid** (ZnCl_2) und **Wasserstoffgas** (H_2):



Zink gibt zwei Elektronen ab und wird zu Zinkionen oxidiert:



Wasserstoffionen (H^+) aus der Salzsäure nehmen Elektronen auf und werden zu Wasserstoffgas reduziert:



Die Elektronenbilanz wird ausgeglichen, sodass die Gesamtreaktion wie oben gezeigt entsteht. Das Produkt ist eine Lösung von **Zinkchlorid** (ZnCl_2) sowie freigesetztem **Wasserstoffgas** (H_2).

21.2 Oxidationszahlen

MedAT-Stichwort
Oxidationszahlen

MedAT-GEHEIMTIPP Beim Thema Oxidationszahlen wird gerne nach der **Veränderung der Oxidationszahl** bei Oxidation und Reduktion gefragt (bereits 2x), sowie nach den Oxidationszahlen sowohl in O_2 als auch **H** in H_2O und nach der Oxidationszahl in Chlor. 2024 wurde nach der höchsten Oxidationszahl von Kohlenstoff in Butanon, Butanal, Butanol, Butan oder Buten gefragt.

Um die Bewegung von Elektronen bei Redox-Reaktionen zwischen Atomen und Molekülen besser nachzuvollziehen, bedient man sich der sogenannten **Oxidationsstufe**, die in sogenannten **Oxidationszahlen** angegeben wird.

DEFINITIONEN Die **Oxidationszahl** ist eine formale Zahl, die angibt, wie viele Elektronen ein Atom in einer chemischen Verbindung im Vergleich zu seinem neutralen Zustand abgegeben (positive Oxidationszahl) oder aufgenommen (negative Oxidationszahl) hätte, wenn alle Bindungen vollständig ionisch wären. Sie dient als Hilfsmittel, um Redoxreaktionen zu analysieren und Reaktionsgleichungen aufzustellen und wird als kleine Zahl über dem Elementsymbol notiert.

Eine elegante Art, Oxidationszahlen zu bestimmen, ist, die **Strukturformel** zu **zeichnen**. Wir erinnern uns: Atome werden in Molekülen durch gemeinsame Elektronenpaare verbunden. Dabei gilt, dass wir im Rahmen der Bestimmung von Oxidationszahlen geteilte Elektronenpaare immer zum elektronegativeren Element zeichnen müssen. Hat man das getan, muss man nur noch für jedes Atom die ihm zugeordneten Elektronen mit der Anzahl an Elektronen im elementaren Zustand vergleichen und **die Differenz** eintragen. Wir machen das mal anhand des Beispiels von Wasserstoffperoxid (> Abb. 21.2).

Wasserstoff hat in Verbindungen üblicherweise die Oxidationszahl **+1**. Sauerstoff hat normalerweise die Oxidationszahl **-2**, aber in Peroxiden wie H_2O_2 liegt eine Ausnahme vor:

Hier hat jedes Sauerstoffatom die Oxidationszahl **-1**. Das liegt daran, dass die beiden Sauerstoffatome über eine Einfachbindung verbunden sind, wodurch sie jeweils ein Elektron „behalten“.

Da die beiden Wasserstoffatome zusammen **+2** beitragen, während die beiden Sauerstoffatome zusammen die Oxidationszahl **-2** haben, heben sich die Werte auf, sodass die Gesamtladung des Moleküls **null** ist, was auch der Realität von Wasserstoffperoxid entspricht.

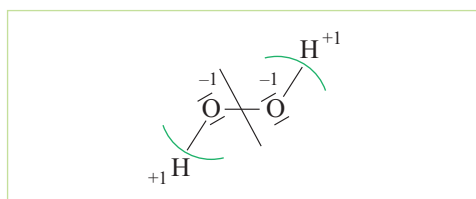


Abb. 21.2 Wasserstoffperoxid [L253]

Elemente: (Oxidationsstufe 0)	$\overset{0}{\text{H}_2}, \overset{0}{\text{O}_2}, \overset{0}{\text{Cl}_2}, \overset{0}{\text{Na}}, \overset{0}{\text{Zn}}$
Einfache Ionen: (Oxidationsstufe = Ladung)	$\overset{+1}{\text{Na}^+}, \overset{-1}{\text{Cl}^-}, \overset{+2}{\text{Zn}^{2+}}, \overset{+2}{\text{Fe}^{2+}}, \overset{+3}{\text{Fe}^{3+}}$
Komplexe Ionen:	$\overset{-3}{\text{NH}_4^+}, \overset{+5}{\text{NO}_3^-}, \overset{+6}{\text{SO}_4^{2-}}, \overset{+5}{\text{HPO}_4^{2-}}, \overset{+7}{\text{MnO}_4^-}$
Moleküle:	$\overset{-3}{\text{NH}_3}, \overset{+2}{\text{NO}}, \overset{-4}{\text{CH}_4}, \overset{-2}{\text{CH}_3\text{OH}}, \overset{+4}{\text{CO}_2}$

Abb. 21.3 Beispiele für Oxidationszahlen von Elementen, in Ionen und in Molekülen [L253]



Physik

„Wissenschaft ist wie Sex. Manchmal kommt etwas Sinnvolles
dabei raus – das ist aber nicht der Grund, warum wir es tun.“

Richard Feynman

25	Physikalische Größen, Einheiten und Definitionen	503	30	Elektrizität und Magnetismus	551
25.1	Grundgrößen und abgeleitete Größen in der Physik	503	30.1	Elektrizität und Magnetismus – zwei Seiten einer Medaille	551
25.2	Internationales Einheitensystem	504	30.2	Elektrostatik: Ladungen, Felder und Spannung	551
25.3	Definitionen	507	30.3	Gleichstrom: Grundlagen der Elektrodynamik	555
26	Klassische Mechanik	511	30.4	Magnetismus	563
26.1	Einführung in die Mechanik	511	30.5	Wechselstrom – Elektrodynamik	567
26.2	Basisgrößen und Grundgesetze	511	30.6	Wellenstrahlung	568
26.3	Energie und Erhaltungssätze	512	31	Optik	571
26.4	Translations- und Rotationsbewegungen	514	31.1	Licht	571
26.5	Gravitation	520	31.2	Spektren und Energie des Lichts	574
26.6	Reibung	521	31.3	Strahlenoptik	576
26.7	Schiefe Ebene und Hangabtriebskraft	522	31.4	Wellenoptik (physikalische Optik)	583
26.8	Hydrodynamik	523	31.5	Optische Instrumente	583
27	Schwingungen	527	32	Quantenmechanik und Atomphysik	589
27.1	Einführung	527	32.1	Aufbau des Atoms und der Materie	589
27.2	Pendel	527	32.2	Formen von Materie	595
27.3	Gedämpfte Schwingungen	532	32.3	Fundamentale Wechselwirkungen	597
27.4	Erzwungene Schwingungen (Resonanz)	532	32.4	Kern des Atoms	599
28	Wellen	535	32.5	Kernspaltung	599
28.1	Einführung	535	32.6	Kernfusion	600
28.2	Huygen'sches Prinzip (Elementarwelle)	536	33	Orbitaltheorie	601
28.3	Harmonische Wellen	538	33.1	Einführung	601
28.4	Überlagerung von Wellen (Interferenz)	538	33.2	Orbitale	601
28.5	Stehende (stationäre) Welle	540	33.3	Elektronenkonfiguration	602
28.6	Polarisation von Wellen	541	33.4	Quantenzahlen	603
29	Thermodynamik	543	34	Radioaktivität	605
29.1	Einleitung	543	34.1	Einführung	605
29.2	Temperatur	543	34.2	Strahlungsarten	605
29.3	Wärme	544	34.3	Aktivität und Halbwertszeit	607
29.4	Wärmekraftmaschinen	545	34.4	Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie	608
29.5	Die Hauptsätze der Thermodynamik	546	34.5	Radioaktive Elemente	609
29.6	Zustandsgrößen und Phasenübergänge	547	34.6	Kosmische Strahlung	610
29.7	Diffusion und Osmose	548	35	Formelsammlung Physik	613
29.8	Gasgesetze	549			

KAPITEL

32

Quantenmechanik und Atomphysik

Deniz Tafrali

32.1 Aufbau des Atoms und der Materie

DEFINITIONEN Die **Quantenmechanik** befasst sich mit den grundlegenden Theorien des Aufbaus des Universums mittels der Elementarteilchen und mit ihren Wechselwirkungen. In der Physik bezeichnet man als **Quant** die minimale Menge einer physikalischen Einheit, die an einer Interaktion beteiligt ist. Das bedeutet, dass eine physikalische Einheit wie die Energie gequantelt ist, also nur diskrete Werte annehmen kann und keine kontinuierlichen. In der Realität sind das meistens ganzzahlige Vielfache eines Quantums (z. B. dem Planck'schen Wirkungsquantum h). Beispielsweise ist das Photon ein einzelner Lichtquant (bzw. ein elektromagnetischer Quant). Auch die Energie des Elektrons der Atomhülle ist in ähnlicher Weise quantisiert und kann daher nur in bestimmten diskreten Werten existieren (➤ Kap. 32). Die Tatsache, dass Elektronen nur bei diskreten Energieniveaus in einem Atom existieren können, bewirkt, dass Atome stabil sind, weshalb auch Materie stabil ist.

MedAT-Stichwort
Atomphysik

MedAT-Stichwort
Atomaufbau

Schaut euch um: Alles was ihr seht, besteht aus Atomen. Dieses Buch, die Luft und auch eure Hände. Es geht in diesem Kapitel um den Aufbau dieses kleinen Grundbausteins der Materie.

Ganz, ganz grob kann man sagen, dass das Atom aus einem **Kern mit positiven Protonen und neutralen Neutronen** (➤ Kap. 32.4) und aus einer **Hülle mit negativen Elektronen** besteht (➤ Abb. 32.1). Aus der Chemie solltet ihr wissen, dass es verschiedene Arten von Atomen (Elementen) gibt, die sich durch ihre Kernladungszahl unterscheiden und im Periodensystem der Elemente (➤ Kap. 14) aufgelistet sind. Die Positivität bzw. Negativität der Bestandteile des Atoms beruht jeweils auf der Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb (C) (➤ Kap. 30.2.1) – der kleinstmöglichen elektrischen Ladung. Das bedeutet, wenn man ein nach außen hin elektrisch neutrales Atom will, muss die **Anzahl an Protonen und Elektronen gleich** sein. Die Zahl der Neutronen darf sich ruhig unterscheiden, man nennt diese unterschiedlichen Atome dann Isotope (➤ Kap. 14.3).

Des Weiteren muss man bedenken, dass das Proton (und auch das Neutron) um ein Vielfaches **größer** ist als das Elektron. Deshalb ist Ersterer auch ca. 2000-mal **schwerer** als das Elektron und außerdem viel **leichter zu lokalisieren**. Das Elektron hält sich auf sogenannten Orbitalen um den Atomkern herum auf

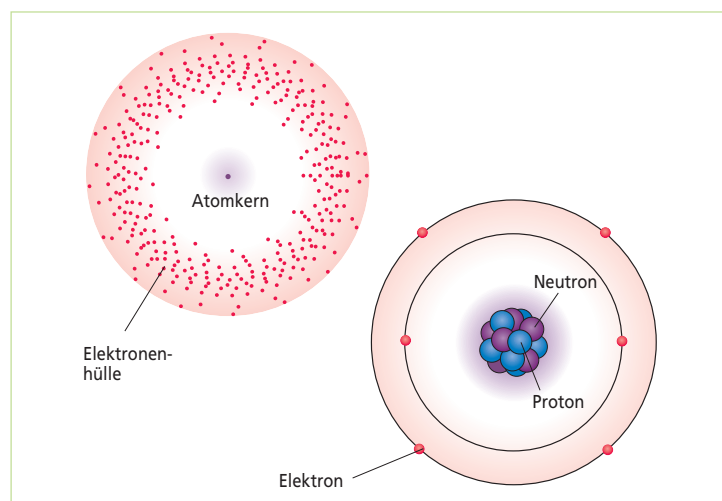


Abb. 32.1 Der Aufbau eines Atoms. Oben mit eher realitätstreuen Proportionen, unten mit stark vergrößertem Kern, sodass Protonen und Neutronen erkennbar sind. Weiter sind schematisch zwei Elektronenschalen dargestellt. [L190]

(> Kap. 33) und ist, wie wir schon durch die Heisenberg'sche Unschärferelation wissen (> Kap. 11.1), **nicht exakt lokalisierbar**.

Doch wie werden die Neutronen und Protonen im Kern zusammengehalten? Wieso zieht die positive Ladung des Protons das Elektron nicht auch in den Atomkern? Warum ist das Elektron denn eigentlich so viel kleiner als ein Proton? Diese und viele weitere Fragen beantworten wir in den letzten Kapiteln des Physik-Teils.

MedAT-GEHEIMTIPP Viele Dinge, die für das Verständnis der Atomphysik grundlegend sind, werden im MedAT nicht explizit gefragt, sondern als Faktenwissen geprüft. Eine Frage ist z.B. welche Kräfte Protonen und Neutronen im Kern zusammenhalten. Man kann jetzt natürlich einfach „starke Wechselwirkung“ auswendig lernen. Jedoch ist diese Art der Vorbereitung nicht unbedingt nachhaltig und führt lediglich zu bulimieartigen Zuständen des Lernenden, bei denen er sich für die Prüfung unheimlich viel Wissen hineinpresst, um es am Testtag wieder auf das Papier übergeben zu können. Das Lernskript hat anderes im Sinn: Wir wollen, dass ihr den Stoff versteht und ihn dann auch ohne stupides Auswendiglernen abrufen könnt – deshalb ist dieses Kapitel zwar sehr ausführlich, den Aufwand aber mehr als wert! Es werden gerne allgemeine Fragen zur Atomphysik gestellt, aber es wurde auch schon nach dem Begründer des Quantenmodells gefragt. Korrekte Antwort: Max Planck.

Zunächst definieren wir den Begriff des Atoms.

DEFINITIONEN Ein **Atom** (altgr. *átomos* für „unteilbar“) ist die kleinste grundlegende Einheit normaler Materie, die die Eigenschaften eines chemischen Elements (> Kap. 14) hat. Jegliche Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase und Plasmen (> Kap. 25.3) bestehen aus neutralen oder ionisierten Atomen.

Diese Definition wirft zwei Fragen auf:

1. Gibt es denn andere Formen von Materie als „normale“ Materie?
2. Gibt es elementare Einheiten, die nicht unbedingt Eigenschaften eines chemischen Elements innehaben?

(1) Der Begriff Materie wurde schon in > Kap. 25.3 grob erläutert – das verstehen wir bei dieser Definition auch unter „normaler“ Materie. Jedoch impliziert die obige Beschreibung des Atoms, dass es noch eine andere Form von Materie gibt: die **Antimaterie**.

DEFINITIONEN **Antimaterie** ist definiert als ein Material, das aus den **Antiteilchen** besteht. Diese Antiteilchen haben prinzipiell dieselbe Masse, Lebensdauer und Spinzantenzahl (Was ist das? Das lernt ihr in > Kap. 33.3) wie ihr korrespondierendes, normales Elementarteilchen der normalen Materie – jedoch eine entgegengesetzte Ladung. Es gibt von allen bekannten Elementarteilchen auch Antiteilchen (experimentell bewiesen). Protonen der Materie haben bekanntlich eine positive Ladung, während Antiprotonen eine negative haben. Bei der Antimaterie umkreisen daher positiv geladene Positronen statt negativer Elektronen den Atomkern als Atomhülle. Stoßen ein Antiteilchen und ein Teilchen zusammen, vernichten sie sich gegenseitig – man nennt das **Annihilation**. Dadurch können starke elektromagnetische Strahlen wie Gammastrahlung oder Neutrinos entstehen. Mehr zu dem Thema Antiteilchen in > Kap. 32.2.1.

(2) Ja! Jegliche Materie auf der Welt ist aus **elementaren Teilchen** aufgebaut – auch die Atome. Darüber hinaus gibt es aber noch mehr Elementarteilchen, die zwar nicht Bestandteil von Atomen sind, aber trotzdem existieren. Die > Tab. 32.1 und > Tab. 32.2 listen euch alle Elementarteilchen des sogenannten Standardmodells auf.

Die elementarsten Teile der Materie, die wir bis heute kennen, sind die **Fermionen** (> Tab. 32.1) und die **Eichbosonen** (> Tab. 32.2). Die Fermionen sind diejenigen Teilchen, die die „Grundmasse“ der besprochenen Materie ausmachen. Eichbosonen sind hingegen Elementarteilchen, die alle vier Grundkräfte der Physik verursachen (> Kap. 32.3).

Aus den Quarks bestehen die **Protonen und Neutronen**, wobei das Proton aus zwei Up-Quarks und einem Down-Quark besteht. Das Neutron wiederum besteht aus einem Up-Quark und zwei Down-Quarks. Das Elektron ist ein Lepton. Das bedeutet, dass die drei elementaren Teile des Atoms offensichtlich Fermionen der Generation I sind. Ein Atom unterliegt allen vier Grundkräften der Natur – also der schwachen, starken und elektromagnetischen Wechselwirkung sowie der Gravitation.

Tab. 32.1 Elementarteilchentabelle der Fermionen (ohne die Eichbosonen und das Higgsboson)

Fermionenart	Fermionen mit Generationen			Ladung
	I	II	III	
Quarks	up (u)	charm (c)	top (t)	$\left(\frac{2}{3}\right)$
	down (d)	strange (s)	bottom (b)	$\left(-\frac{1}{3}\right)$
Leptonen	Elektron-Neutrino	Myon-Neutrino	Tauon-Neutrino	(0)
	Elektron	Myon	Tauon	(-1)

Tab. 32.2 Elementarteilchentabelle der Eichbosonen und des Higgs-Bosons (ohne die Fermionen)

Eichbosonen	Higgs-Boson
• Photon • Gluon • Z Boson • W⁺ Boson • W⁻ Boson • (Graviton)	• Higgs-Boson

AUS DEM MEDIZINSTUDIUM Fermionen haben alle bestimmte Gemeinsamkeiten. Sie verfügen über einen **Spin von $1/2 \hbar$** (reduziertes Planck'sches Wirkungsquantum) und **haben alle eine Masse**. Verschiedene Fermionen haben aber auch unterschiedliche Eigenschaften (> Tab. 32.3 und > Tab. 32.4). Ihre Masse nimmt mit höherer Generation zu. Man unterscheidet zwei verschiedene Arten von Fermionen: die **Quarks** und die **Leptonen**.

Die **Quarks** (> Tab. 32.3) bilden unter anderem die Elementarteilchen der **Protonen und Neutronen**. Sie tragen sowohl **elektrische Ladungen** als auch sogenannte **Farbladungen**, die man *grün*, *rot* und *blau* nennt. Diese Farben, die nichts mit den sichtbaren Farben des Lichts zu tun haben, können durch die starke Wechselwirkung mittels der Gluonen von Quark zu Quark transferiert werden.

Weil ein Proton zwei Up-Quarks und ein Down-Quark beinhaltet, hat es die elektrische **Ladung +1** ($0,66 + 0,66 - 0,33 = 1$). Das Neutron hingegen hat zwei Down-Quarks und ein Up-Quark, weshalb es **elektrisch neutral** ist.

Die Theorie des **Confinement** besagt, dass Quarks (und Gluonen) nicht außerhalb eines Verbandes, wie sie z. B. im Neutron auftreten, vorzufinden sind. Sie existieren also nur, wenn sie durch die starke Wechselwirkung (> Kap. 32.3.1) zusammengehalten werden.

Die zweite Gruppe der Fermionen sind die **Leptonen** (> Tab. 32.4). Sie unterliegen sowohl der **schwachen Wechselwirkung** und der **Gravitation** als auch der **elektromagnetischen Wechselwirkung**, solange sie eine elektrische Ladung tragen. Das Elektron, Myon und Tauon haben die Ladung -1 , während die Neutrinos (Symbol: ν) neutral sind.

Zu den Neutrinos: Es gibt, wie ihr in > Tab. 32.4 sehen könnt, drei verschiedene Formen der Neutrinos (ν_e , ν_μ und ν_τ). Ihr Name kommt aufgrund ihrer neutralen Ladung (Neutr-) und der italienischen Verkleinerungsform (-ino) zustande, um sie von den größeren Neutronen begrifflich auseinander halten zu können. Sie entstehen unter anderem durch den **β -Zerfall** (> Kap. 34.3.2) und bei der **Kernfusion** (> Kap. 32.6) in kleinen Sternen wie der Sonne. Die Neutrinos können ineinander umgewandelt werden (Neutrinooszillation). Außerdem sind sie extrem schwer zu detektieren, da sie eine winzig kleine Masse haben und sich sehr schnell bewegen. So schnell sogar, dass 2011 das berühmte Kernforschungsinstitut CERN eine Meldung herausgab, dass sie Neutrinos gemessen hätten, die **schneller als Licht** sind. Im Endeffekt war es dann aber eine Fehlmessung, die darauf zurückzuführen ist, dass ein Glasfaserkabel bzw. ein GPS-Gerät der Messapparatur defekt war.

AUS DEM MEDIZINSTUDIUM Die **Eichbosonen** vermitteln die fundamentalen Wechselwirkungen (> Kap. 32.3) – schwache, starke und elektromagnetische Wechselwirkung – stellen also sogenannte Austauschteilchen dar. Sie haben alle die Gemeinsamkeit, dass sie über einen **ganzzahligen Spin (0, 1 oder 2 $\hbar$)** verfügen. Das Photon, Gluon und das hypothetische Graviton sind alle theoretisch **masselos**. Die W-Bosonen und das Z-Boson haben hingegen relativ große Massen – wie das sein kann, wird in der nächsten Box erläutert. Welche Bosonen was machen, ist in > Tab. 32.5 aufgelistet.

Wichtig: Bosonen im Allgemeinen sind nicht gleich Eichbosonen. Bosonen sind nämlich definiert als die Teilchen, die eine ganzzahlige Spinquantenzahl haben – also auch solche Teilchen, die nicht elementar sind, wie z. B. das Pion. Es gilt aber auch hier wieder, Eichbosonen sind trotzdem Bosonen!

KAPITEL

35

Formelsammlung Physik

Deniz Tafrali

SI-Größen und -Einheiten

Basisgrößen		Basiseinheiten	
Namen	Größensymbol	Namen	Größensymbol
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Stromstärke	I	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K
Stoffmenge	N	Mol	mol
Lichtstärke	I _v	Candela	cd

Griechisches Alphabet			
Buchstabe	Bezeichnung	Buchstabe	Bezeichnung
A, α	Alpha	N, ν	Ny
B, β	Beta	Ξ, ξ	Xi
Γ, γ	Gamma	O, ο	Omikron
Δ, δ	Delta	Ρ, ρ oder Π, π	Pi
E, ε	Epsilon	Ρ, ρ	Rho
Z, ζ	Zeta	Σ, σ	Sigma
H, η	Eta	Τ, τ	Tau
Θ, θ	Theta	Υ, υ	Ypsilon
I, ι	Iota	Φ, φ	Phi
K, κ	Kappa	Χ, χ	Chi
Λ, λ	Lambda	Ψ, ψ	Psi
M, μ	My	Ω, ω	Omega

Abgeleitete Größen

Formelzeichen und ihre Bedeutung (Einheiten in Klammern)

Arbeit = Energieänderung W : (J)	Beschleunigung $\vec{a} : \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$	Differenz/Änderung Δ	Druck $p : \left(p = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$
Elektrische Feldstärke $\vec{E} : \left(\frac{\text{N}}{\text{C}} \right)$	Elektrischer Widerstand $R : \left(\Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}} \right)$	Energie E : (J = Nm)	Federkonstante $D : \left(\frac{\text{N}}{\text{m}} \right)$
Fläche A : (m ²)	Frequenz F : (Hz)	Geschwindigkeit $\vec{v} : \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$	Radius/Abstand $\vec{r} / \vec{d} : (\text{m})$
Kraft $\vec{F} : \left(\text{N} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right)$	Impuls $\vec{p} : \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \right)$	Ladung (einzeln) q : (C = As)	Gesamtladung Q : (C)

IV

Mathematik

„Wahrheit kann man, wenn überhaupt, nur in der Einfachheit finden.“

Isaac Newton

36	Zehnerpotenzen	619	39	Einheiten	643
36.1	Vorbemerkung zur Mathematik	619	39.1	Die Dimensionen von Raum und Zeit	643
36.2	Präfixe	619	39.2	Umrechnungen der Einheiten	644
36.3	Rechenbeispiele	620			
37	Algebra	621	40	Funktionen	647
37.1	Einführung in die Algebra	621	40.1	Funktionen allgemein	647
37.2	Gleichungen und Ungleichungen	622	40.2	Lineare Funktionen (Geradenfunktionen)	648
37.3	Schlussrechnung (Dreisatz)	624	40.3	Quadratische Funktionen (Potenzfunktionen)	649
37.4	Prozentrechnung	626	40.4	Infinitesimalrechnung	650
37.5	Brüche	628	40.5	Trigonometrische Funktionen (Winkelfunktionen) ..	658
			40.6	Exponentialfunktionen	661
			40.7	Logarithmus	664
38	Geometrie	631	41	Vektoren	667
38.1	Was ist Geometrie?	631	41.1	Allgemeines (Beträge und Winkel)	669
38.2	Allgemeine Begrifflichkeiten	631	41.2	Einheits- und Normalvektor	671
38.3	Figuren (2D)	632	41.3	Addition und Subtraktion von Vektoren	672
38.4	Körper (3D)	635			
			42	Formelsammlung Mathematik	675



KAPITEL

36 Zehnerpotenzen

Deniz Tafrali

36.1 Vorbemerkung zur Mathematik

MedAT-Stichwort
Zehnerpotenzen

MedAT-GEHEIMTIPP Wichtig: Der Mathe-Teil des Lernskripts wird euch ein sehr gutes Verständnis der MedAT-Mathematik geben und des Weiteren viele Beispielaufgaben zeigen und die Lösungswege potenzieller Fragen beim Test ausführen.

In der Mathematik ist es aber unbedingt notwendig, vom grundlegenden Verständnis der einzelnen Themen abstrahieren zu können, um Aufgaben zu lösen, die völlig neu erscheinen, aber eigentlich nur aus verschiedenen kleinsten Elementen aufgebaut sind, die ihr schon kennt (Transferaufgaben).

Deswegen bitten wir euch, haltet euch an unseren Lernplan, arbeitet dieses wichtige Kapitel durch und übt viele, viele Aufgaben zu den verschiedenen Teilen der Mathe-Kapitel!

2024 wurde nach der Umrechnung von Kilowatt- zu Gigawattstunden gefragt!

36.2 Präfixe

Ein Präfix ist auf gut Deutsch nichts anderes als eine **Vorsilbe**. Diese Vorsilben stehen bei den Zehnerpotenzen für jeweils Tausenderschritte vom Ausgangspunkt $10^0 = 1$. Diese Tausenderschritte gehen sowohl in den positiven als auch in den negativen Bereich. Wir haben in > Tab. 36.1 die Spanne von Yotta bis Yokto mit ihren Abkürzungen in Klammern aufgezählt. Das Präfix wird einfach vor eine beliebige Maßeinheit gesetzt (z. B. Femtometer = 10^{-15} m = 1 fm).

MedAT-Stichwort
Präfixe

Tab. 36.1 Namensgebung der Präfixe nach dem Internationalen Einheitssystem (SI)										
Präfix	Yotta (Y)	Zetta (Z)	Exa (E)	Peta (P)	Tera (T)	Giga (G)	Mega (M)	Kilo (k)	Hekto (h)	Deka (da)
Zehnerpotenz	10^{24}	10^{21}	10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^2	10^1
Präfix	Dezi (d)	Zenti (c)	Milli (m)	Mikro (μ)	Nano (n)	Piko (p)	Femto (f)	Atto (a)	Zepto (z)	Yokto (y)
Zehnerpotenz	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}

Schreibweise

Die hochgestellte Zahl (Exponent) bei den Zehnerpotenzen steht für die Anzahl an Nullen in der Zahl: 10^6 g = 1.000.000 g (Megagramm)

VERSTÄNDNIS* 10^5 lautet genauer eigentlich $1 \cdot 10^5$, jedoch lässt man das „1“ der Einfachheit halber weg. Analog wäre also $2 \cdot 10^3 = 2.000$

Im negativen Bereich steht der Betrag der hochgestellten Zahl für die **Position** der mit der Zehnerpotenz zu multiplizierenden Zahl nach dem Komma:

$$5 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,000005$$

Also auch gleichzeitig für die **gesamte Anzahl an Nullen**.

VERSTÄNDNIS* Der Betrag (|Betrag|) eines Wertes ist seine Entfernung von 0; diese ist immer **positiv**. Der Betrag von -5 ist also 5 oder auch:

$$[-5] = 5$$

MedAT-GEHEIMTIPP Merkt euch im Besonderen, wofür Piko und Mega stehen. Das wurde schon oft gefragt.

36.3 Rechenbeispiele

Um den Potenzwert zu erhalten, multipliziert man die Basis so oft mit sich selbst, wie es der Exponent angibt ($10^3 = 10 \cdot 10 \cdot 10$).

VERSTÄNDNIS* Benennung der Potenzen:

$$10^5 = 100.000$$

$$\text{Basis}^{\text{Exponent}} = \text{Potenzwert}$$

Wir zählen an dieser Stelle die Potenzregeln auf, mit denen ihr rechnen könnt (> Tab. 36.2).

Tab. 36.2 Potenzregeln

Term	Erklärung	Beispiel
$x^0 = 1$	Wir haben hier eine Potenz mit dem Exponenten 0; diese Potenz hat als Ergebnis immer die 1.	$10^0 = 1$
$x^1 = x$	Multipliziert man die Basis mit keiner Zahl, ergibt es die Basis.	$10^1 = 10$
$x^{-n} = \frac{1}{x^n}$	Potenz mit negativem Exponenten ergibt den Kehrwert des Terms mit dem positivierten Exponenten.	$10^{-5} = \frac{1}{10^5}$
$x^m \cdot x^n = x^{m+n}$	Multipliziert man Potenzen mit derselben Basis, muss man ihre Exponenten addieren.	$10^5 \cdot 10^{-7} = 10^{5+(-7)} = 10^{5-7} = 10^{-2}$
$(x^n)^m = x^{n \cdot m}$	Potenziert man Potenzen, muss man den Exponenten der Basis mit dem Exponenten außerhalb der Klammer multiplizieren.	$(10^5)^3 = 10^{5 \cdot 3} = 10^{15}$
$\frac{x^m}{x^n} = x^{m-n}$	Dividiert man zwei Potenzen, kann man die Exponenten auch einfach voneinander subtrahieren.	$\frac{10^3}{10^8} = 10^{3-8} = 10^{-5}$
$x^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{x^m}$	Bruchterm als Exponent bedeutet, dass der Nenner des Bruchs (> Kap. 37.5) als Wurzelexponent gehandhabt wird und der Zähler des Bruchs als Exponent der Basis gilt, von der die Wurzel zu ziehen ist.	$x^{\frac{6}{3}} = \sqrt[3]{10^6}$
$x^n \cdot y^n = (x \cdot y)^n$	Multipliziert man verschiedene Basen mit dem gleichen Exponenten, so kann man die Werte der Basen miteinander multiplizieren und das Ergebnis wiederum mit n potenzieren.	$10^5 \cdot 2^5 = (10 \cdot 2)^5 = (20)^5$
$\frac{x^n}{y^n} = \left(\frac{x}{y}\right)^n$	Dividiert man unterschiedliche Basen mit dem gleichen Exponenten, so kann man die Werte der Basen miteinander dividieren und dann das Ergebnis wieder mit n potenzieren.	$\frac{10^5}{2^5} = \left(\frac{10}{2}\right)^5 = 5^5$

MedAT-GEHEIMTIPP Lernt hier unbedingt die Gesetzmäßigkeiten der Potenzregeln besonders in Kombination mit den Einheiten (> Kap. 39). Sie werden sehr oft gefragt, sind sehr einfach und bringen schnelle Punkte!

Ein Beispiel:

Was ergibt $\sqrt{\left(\frac{10^n}{10^m}\right)}$?

$$\sqrt{\left(\frac{10^n}{10^m}\right)} = \left(\frac{10^n}{10^m}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{da gilt: } \sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}})$$

$$\left(\frac{10^n}{10^m}\right)^{\frac{1}{2}} = (10^{n-m})^{\frac{1}{2}}$$

$$(10^{n-m})^{\frac{1}{2}} = 10^{\frac{(n-m)}{2}}$$

KAPITEL

38 Geometrie

Deniz Tafrali

MedAT-Stichwort
Geometrie

38.1 Was ist Geometrie?

Wie so oft in der Naturwissenschaft ist auch bei der Geometrie der Inhalt ihrer Sache im Namen versteckt. *Geo* kommt aus dem Altgriechischen und bedeutet „Erde“, während *-metrie* für „Messung“ steht. Da sich die Erde als Kugel im (Welt-)Raum befindet, können wir sagen, die Geometrie befasst sich mit der **Abmessung von Figuren und Körpern im Raum**.

AUS DEM MEDIZINSTUDIUM Wenn man nicht gerade Mathematik studiert, meint man mit Geometrie immer die klassische **euklidische Geometrie**.

MedAT-GEHEIMTIPP Da man im MedAT oft anhand auswendig gelernter Formeln die Veränderung einer Eigenschaft eines Objekts bzw. Körpers berechnen muss, sparen wir uns in diesem Kapitel die mathematischen Auswüchse, Herleitungen und Beweise und zeigen euch ganz spartanisch, was ihr genau lernen und wissen sollt.

38.2 Allgemeine Begrifflichkeiten

DEFINITIONEN Als **(ebene) Figur** bezeichnet man Längenabmessungen im Raum, die sich in zwei Dimensionen ausbreiten.
Der **geometrische (platonische) Körper** hingegen ist eine dreidimensionale Figur, die durch ihre Oberflächen beschrieben werden kann.

DEFINITIONEN Als **Länge a** bezeichnet man die Abmessung zwischen zwei Punkten A und B (z. B. bei Geraden $A \text{---} B$).
Die **Breite b** steht senkrecht (orthogonal) zu a bzw. ist die Länge in horizontaler Ausrichtung und definiert das System als zweidimensionales ($\rightarrow$ Kap. 39.1.1).
Die **Höhe h (= c)** steht sowohl (oder entweder) senkrecht zur Länge als auch zur Breite und definiert das System bei *zwei* gegebenen Längenbegriffen als ein dreidimensionales, bei *einem* gegebenen Längenbegriff als zweidimensionales. Bei der Berechnung des Flächeninhalts von Figuren spielt die Höhe eine wichtige Rolle. Man halbiert die Grundseite und verbindet den Halbierungspunkt durch eine zur Längsrichtung senkrechten Gerade mit der gegenüberliegenden Seite bzw. Ecke, um bei verschiedenen Körpern auf die Höhe zu kommen (z. B. gleichschenkliges Dreieck oder Parallelogramm).
Die **Grundseite** ist die Seite, wo die beiden jeweils gleich großen Winkel anliegen.

DEFINITIONEN Als **Umfang** bezeichnet man die gesamte Länge der Begrenzungslinien einer Figur.
Die **Fläche** beschreibt den Inhalt des Umfangs einer Figur oder eines zweidimensionalen Teiles eines Körpers.

DEFINITION In der Geometrie bezeichnet ein **Winkel** die Verschiebung (Rotation) einer Geraden bzw. Ebene zu einer anderen Geraden oder Ebene unter der Voraussetzung, dass beide Geraden bzw. Ebenen einen gemeinsamen unveränderlichen Punkt haben. Man misst den Winkel in $^\circ$ (Grad).

DEFINITIONEN Mit dem Begriff **Grundfläche** bezeichnet man in der euklidischen Geometrie hauptsächlich die (ebene) **untere** Fläche eines dreidimensionalen (platonischen) Körpers. Als **Deckfläche** bzw. Deckflächen bezeichnet man die **obere(n)** Fläche(n) eines platonischen Körpers. **Seitenflächen** sind diejenigen Flächen, die an der Seite von platonischen Körpern vorzufinden sind. Die **Mantelfläche** bezeichnet die Summe der Oberflächeninhalte der Seitenflächen. Deck- und Grundflächen werden nicht dazu gezählt.

38.3 Figuren (2D)

MedAT-GEHEIMTIPP 2025 wurde gefragt, was gleich bleibt, wenn ein Quadrat zu einem Parallelogramm umgewandelt wird. Richtige Antwort: die Fläche.

MedAT-Stichwort
Kreis

38.3.1 Kreis

Jeder kennt einen Kreis. Jedoch handelt dieses Kapitel nicht vom Freundeskreis oder vom Sitzkreis, sondern vom **mathematischen Kreis** (> Abb. 38.1). Den kann man durch unterschiedlichste Eigenschaften beschreiben.

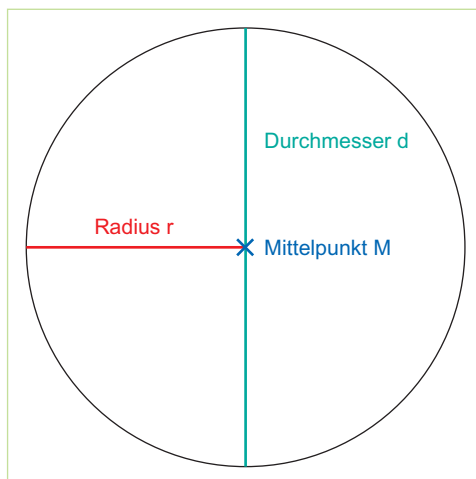


Abb. 38.1 Kreis (ebene geometrische Figur) [L143]

Der **Mittelpunkt M** eines Kreises ist derjenige Ort, von dem alle Punkte der äußeren Begrenzung des Kreises (Kreislinie) gleich weit entfernt sind. Deshalb ist der **Radius r** eines Kreises (auch Halbmesser genannt) der Abstand zwischen dem Mittelpunkt und jedem beliebigen Punkt auf der Kreislinie. Der **Durchmesser d** hingegen ist die Verbindung zweier Punkte auf der Kreislinie, die durch den Mittelpunkt gehen muss. Die Länge der Kreislinie wird **Umfang U** genannt. Die dazugehörigen Formeln sehen so aus:

Durchmesser: $d = 2 \cdot r$
Umfang: $U = 2 \cdot r \cdot \pi$
Kreisfläche: $A = r^2 \cdot \pi$

VERSTÄNDNIS* Was ist π ?

Man bezeichnet π auch als Kreiszahl. Es hat die Besonderheit, dass π stets das Verhältnis zwischen Umfang und Durchmesser aufzeigt. Würde man also den Kreis in > Abb. 38.1 oben mit der Schere durchschneiden und seinen gesamten **Umfang** gerade ziehen und neben den Durchmesser legen, dann würde man sehen, dass der Umfang stets $\pi \cdot d$, also auch (gerundet) **3,14**-mal so lang wie der Durchmesser ist.

MedAT-GEHEIMTIPP Wenn Fragen drankommen wie z. B., was ist der Flächeninhalt eines Dreiviertelkreises, dann lasst euch nicht verunsichern. Rechnet einfach den Flächeninhalt aus und multipliziert ihn mit 0,75 bzw. $\frac{3}{4}$. Das geht analog für alle Teilstücke eines Kreises.
Kreisfläche Dreiviertelkreis: $A = 0,75 \cdot r^2 \cdot \pi$
Kreisfläche Halbkreis: $A = 0,5 \cdot r^2 \cdot \pi$
Kreisfläche Viertelkreis: $A = 0,25 \cdot r^2 \cdot \pi$

KAPITEL

42

Formelsammlung
Mathematik

Deniz Tafrali

Präfixe

Präfix	Zehnerpotenz	Präfix	Zehnerpotenz
Yotta	10^{24}	Dezi	10^{-1}
Zetta	10^{21}	Zenti	10^{-2}
Exa	10^{18}	Milli	10^{-3}
Peta	10^{15}	Mikro	10^{-6}
Tera	10^{12}	Nano	10^{-9}
Giga	10^9	Piko	10^{-12}
Mega	10^6	Femto	10^{-15}
Kilo	10^3	Atto	10^{-18}
Hekto	10^2	Zepto	10^{-21}
Deka	10^1	Yokto	10^{-24}

Potenzregeln

Potenzregel (1) $x^0 = 1$	Potenzregel (2) $x^1 = x$	Potenzregel (3) $x^{-1} = \frac{1}{x^n}$
Potenzregel (4) $x^m + x^n = x^{m+n}$	Potenzregel (5) $(x^n)^m = x^{n \cdot m}$	Potenzregel (6) $\frac{x^m}{x^n} = x^{m-n}$
Potenzregel (7) $\frac{x^m}{x^n} = \sqrt[n]{x^m}$	Potenzregel (8) $x^n \cdot y^n = (x \cdot y)^n$	Potenzregel (9) $\frac{x^n}{y^n} = \left(\frac{x}{y}\right)^n$

Zahlenmengen

Natürliche Zahlen	Ganze Zahlen	Rationale Zahlen	Irrationale Zahlen	Reelle Zahlen	Komplexe Zahlen
N	Z	Q	I	R	C

Geometrie 2D

Kreis
$U = \pi d = 2 \pi r$
$d = 2 \cdot r = \sqrt[2]{\frac{A}{\pi}}$
$A = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$

MedAT-Lernplan April

Tag	Buch	Kapitel	Lernstoff des Monats	Platz für Notizen (z.B. Lernerfolg, Lücken, To-dos)
1	Band 4	Kap. 3	Infos zum MedAT	
2	Band 4	Kap. 4	Simulation 1	
3	Band 2	Kap. 1; (Online)	Textverständnis (Manuelle Fertigkeiten für MedAT-Z)	
4				🤖 Freier Tag 🤖
5	Band 2	Kap. 3	Figuren zusammensetzen	
6	Band 2	Kap. 4	Gedächtnis und Merkfähigkeit	
7	Band 2	Kap. 5	Zahlenfolgen	
8	Band 2	Kap. 6, Kap. 7	Wortflüssigkeit; Implikationen erkennen (nur MedAT-H, entfällt bei MedAT-Z)	
9	Band 2	Kap. 9, Kap. 10	Emotionen regulieren; Emotionen erkennen	
10	Band 2	Kap. 11	Soziales Entscheiden	
11				🏀 Freier Tag 🏀
12	Band 1	Kap. 1	Zellbiologie	
13	Band 1	Kap. 1	Zellbiologie	
14	Band 1	Kap. 1	Zellbiologie	
15	Band 1	Kap. 2	Embryologie	
16	Band 1	Kap. 2	Embryologie	
17				🤖 Freier Tag 🤖
18	Band 1	Kap. 3	Gewebelehre	
19	Band 1	Kap. 4.1, Kap. 4.2	Einführung; Gastrointestinaltrakt	
20	Band 1	Kap. 4.3	Herz-Kreislauf-System	
21	Band 1	Kap. 4.3, Kap. 4.4	Herz-Kreislauf-System; Blut und Lymphe	
22	Band 1	Kap. 4.5	Atmungsorgane	
23	Band 1	Kap. 4.6, Kap. 4.7	Skelettsystem; Nervensystem	
24				🤖 Freier Tag 🤖
25	Band 1	Kap. 4.7	Nervensystem	
26	Band 1	Kap. 4.8	Sinnesorgane	
27	Band 1	Kap. 4.8	Sinnesorgane	
28	Band 1	Kap. 4.9	Endokrines System	
29	Band 1	Kap. 4.9	Immunsystem	
30	Band 1	Kap. 4.10	Immunsystem	



ELSEVIER

Dieser Lernplan dient als Orientierung für deine effiziente MedAT-Vorbereitung sowohl für den MedAT-H als auch den MedAT-Z*. Umfragen zeigen, dass du dich auf den MedAT mindestens drei Monate lang vorbereiten und mehrere Testsimulationen absolvieren solltest. Daher beginnt der Lernplan mit einer Simulation zur Erfassung deines aktuellen Wissensstands. Anschließend lernst du die Testteile des MedAT kennen und arbeitest dich in die umfassenden Biologie-Themen ein. Nach etwa einhalb Monaten folgen intensive Übungen zum KFF-Teil, der entsprechend dem MedAT idealerweise nachmittags durchgeführt wird. Ende Mai solltest du eine weitere Testsimulation zur Überprüfung deines Lernfortschritts machen, in den letzten 3 - 4 Wochen vor dem MedAT hast du im besten Fall den gesamten Lernstoff durchgearbeitet und bearbeitest nur noch Übungsaufgaben**. Ende Juni folgt eine letzte Testsimulation, die deinen aktuellen Kenntnisstand widerspiegelt und dem Gesamtwert entspricht. Viel Erfolg mit dem Lernplan von Elsevier!

* Lernstoff für den MedAT-Z steht in Klammern am jeweiligen Tag. ** Beachte: Derzeit gibt es keine Übungen für KFF/SEK/TV im Kompendium von Elsevier Tafali et al. MedAT Kompendium - Lernskript für den BMS, Lernskript für KFF, TV, SEK, BMS-Übungen, Simulationen. ©2026 Elsevier GmbH, Deutschland. Alle Rechte vorbehalten, auch für Text und Data-Mining. 4/2 Training und 3/2 Biologie Technologien.

Zulassung, Medizinstudium, Traumberuf – mit Elsevier!

Medizinertest

TMS/EMS

MedAT

HAM-Nat



Studium der Humanmedizin Vorklinik

Anatomie

Physiologie

Biochemie

Chemie, Biologie, Physik,
Med. Psych.-Soz.



1. Staatsexamen



Diese und viele weitere Titel
sowie die aktuellen Preise findest du
in deiner Buchhandlung vor Ort und
unter shop.elsevier.de

MedATtention please! Sei Bereit, Motiviert und Sicher

Das MedAT Lernskript für den BMS (Band 1)* enthält exakt, was du in den Fächern Biologie, Chemie, Physik und Mathematik im MedAT-H und -Z wissen musst. Die Zusage zu deinem Traumstudienplatz überlassen wir nicht dem Zufall, denn dein Medizinstudium ist unsere Mission!

Dein Gamechanger für den MedAT:

- **Behalte den Durchblick:** Alle Kapitel orientieren sich an der offiziellen Stichwortliste des MedAT und den Altfragen. 550 Farbgrafiken veranschaulichen die Inhalte noch einmal einprägsam.
- **Bleib motiviert:** viele Tipps, Merksprüche, Eselsbrücken gewürzt mit einem Schuss Humor, so macht Lernen sogar Spaß! Eine neue Box mit Detailwissen schafft den Brückenschlag zum Medizinstudium.
- **Bleib fokussiert:** Unser 3-Monats-Lernplan erleichtert dir die Zeiteinteilung! Einfach per QR-Code downloaden!
- **Hab keine Sorge:** Keine Matura oder Abitur in dem einen oder anderen Fach? Kein Problem, denn wir erklären dir jedes Fach so, dass du es verstehst, und lassen alles Überflüssige weg.
- **Mach den Medienwechsel:** Animationen verdeutlichen naturwissenschaftlich-anatomische Zusammenhänge und liefern eine weitere Perspektive.
- **Sei zuversichtlich:** Online-Tutorials und Erfahrungsberichte ehemaliger Teilnehmender zeigen dir, wie es anderen in deiner Situation ergangen ist und wie auch du das meistern kannst.

**Dieses überarbeitete Lernskript basiert auf dem MedAT-Lernskript für den BMS (Band 1) von Dr. Tafrali.*

Neu:

- Das MedAT Lernskript für den BMS (Band 1) ist Teil des neuen 4-bändigen Elsevier-MedAT-Kompodiums

Online per QR-Code zu erreichen:

- Zahlreiche Animationen
- 3-Monats-Lernplan
- Tutorials einer ehemaligen Teilnehmerin mit zahlreichen Tipps und Infos

Das Werk eignet sich für:

Maturanten und Maturantinnen/Schüler und Schülerinnen, die zum MedAT antreten

MedAT Lernskript für den BMS (Band 1)

Tafrali, Deniz, Barus, Sinan, Dax, Lena, Schöllkopf, Alexander

2026. 696 Seiten

ISBN 9783437412592



ELSEVIER elsevier.com