

# NAM

Paul Yannick Windisch • Deniz Tafrali • Veronika Rojacher

3. Auflage

Lernpläne  
Formel-  
sammlungen  
Bio-Glossar

## Lernskript für den Hamburger Naturwissenschaftstest

Biologie, Chemie, Mathematik, Physik

@ G9 DFC 69



ELSEVIER

Urban & Fischer

Paul Yannick Windisch, Deniz Tafrali, Veronika Rojacher

# HAM-Nat

Das Lernskript für den Hamburger Naturwissenschaftstest

3. Auflage

LESEPROBE



ELSEVIER

# Der Start ins Medizinstudium – Insider berichten

Auf unserer Homepage findest du inspirierende Erfahrungsberichte von Erstis, die nach bestandem Mediziner-test ihren Traum vom Medizinstudium endlich verwirklichen konnten. Diese persönlichen Geschichten sind zwar subjektiv, aber sie können auch eine große Motivation sein. Denn sobald die Hürden der Zulassung überwunden sind und du deinen heiß ersehnten Studienplatz ergattert hast, beginnt ein aufregendes neues Kapitel. Erfahre, wie die ersten Wochen ablaufen, wie du schnell Anschluss findest und welche spannenden Fächer dich erwarten.



<https://else4.de/7fz>

Apropos Fächer! Wir von Elsevier bereiten dich natürlich bestens darauf vor. Mit unseren maßgeschneiderten Produkten begleiten wir dich vor, während und nach dem Studium!

Interessierst du dich auch für andere Mediziner-tests wie den TMS, EMS oder MedAT? Dann bist du bei uns genau richtig! Wir bieten dir Lernmaterialien auf Testniveau für jeden Zulassungstest.

Viel Erfolg wünscht euch  
*euer Elsevier-Team*

LESEPROBE

# Hinweise zum Lernplan

Am Beginn jedes Fachgebiets findet Ihr einen Lernplan, den wir für euch entworfen haben. Er soll euch helfen, eure Vorbereitungszeit sinnvoll einzuteilen.

## **Ein Lernplan ist nicht in Stein gemeißelt**

Er soll euch als ungefähre Orientierung dienen, um den zeitlichen Aufwand für die jeweiligen Kapitel abschätzen zu können, wobei auch dieser, je nachdem wie umfangreich eure Vorkenntnisse sind, variieren kann. Im Idealfall solltet ihr dieses Buch von Beginn an durcharbeiten. Zwar stellen die Kapitel prinzipiell in sich geschlossene Einheiten dar, aber es kann trotzdem vorkommen, dass z. B. in der Physik auf Vorgehensweisen verwiesen wird, die im Mathematik-Teil eingeführt wurden. Dieses Werk stellt euch sowohl einen 30- als auch einen 60-Tage-Lernplan zur Verfügung. Je nachdem wie viel Zeit ihr habt oder euch nehmen wollt, könnt ihr die Kapitel in der jeweils empfohlenen Tagesanzahl bearbeiten. Ihr findet vor jedem Fachgebiet eine Lernplanübersicht für beide Optionen.

## **Muss ich alles verstehen?**

Dieses Buch soll euch zum Erfolg im HAM-Nat verhelfen und dafür ist es zunächst wichtig, ein breites Wissen in Biologie, Chemie, Mathematik und Physik aufzubauen, mit dem sich möglichst viele Prüfungsfragen beantworten lassen. Da sich z. B. die Herleitungen bestimmter Gesetze nur schlecht prüfen lassen, kann es vorkommen, dass in diesem Buch zum Teil auf sie verzichtet wird, wenn sie von den prüfungsrelevanteren Fakten ablenken würden und sich die Fragen zum jeweiligen Thema auch ohne sie beantworten lassen. Für viele, die es aus der Schule gewohnt sind, jede Gleichung nachzuvollziehen, kann das eventuell irritierend sein, und es heißt auch nicht, dass ihr euch nicht eingehender mit den Gleichungen befassen sollt. Deswegen der Vorschlag: Arbeitet zunächst den Lernplan durch und baut dadurch ein breites Wissen auf, mit dem ihr gut für den HAM-Nat gerüstet seid. Nutzt dann die verbleibenden Tage der Wiederholungsphase, um eure wissenschaftliche Neugier durch

die Lektüre umfassenderer Lehrbücher zu den jeweiligen Fächern zu befriedigen. Bedenkt aber bitte auch für das spätere Studium: In einem Fach wie der Medizin, das Inhalte aus vielen Naturwissenschaften streift, kommt irgendwann der Punkt, an dem auch der schlaueste und fleißigste Studierende nicht mehr alles nachvollziehen kann. Dafür ist die Menge an Wissen einfach zu groß. Prioritäten zu setzen und sich nicht in Details zu verzetteln, sind mit die wichtigsten Fähigkeiten für ein erfolgreiches Studium, und es schadet nicht, diese schon bei der Vorbereitung auf den HAM-Nat zu üben.

## **Übungsfragen – „Kreuzen“**

Euer erworbenes Wissen anzuwenden, ist wahrscheinlich mit das Wichtigste, was ihr im Rahmen eurer Vorbereitung machen könnt. Neben Büchern, die natürlich einige Fragen und gelegentlich auch zusätzliche Informationen zu den Antwortmöglichkeiten enthalten, solltet ihr euch in diesem Zusammenhang die Kreuzprogramme anschauen, die Medizinstudierende zur Physikvorbereitung einsetzen.

## **Werde ich mit den Inhalten diese Buchs jede Frage des HAM-Nat beantworten können?**

Das kann euch kein Buch versprechen. Insider-Informationen zum kommenden HAM-Nat haben auch wir nicht. Grundsätzlich gilt: Je fundierter und breiter eure naturwissenschaftlichen Grundlagen sind, desto besser sind eure Chancen die notwendige Punktzahl für einen Studienplatz zu erreichen. Wenn ihr Zeit habt, eure Vorbereitung auszuweiten, solltet ihr sie entsprechend nutzen.

## **Garantiert alle Stichwörter drin**

Die Lernpläne folgen unseren Kapiteln, wobei alle Stichwörter des HAM-Nat-Themenkatalogs (Stand 2025) exakt zugeordnet sind. So könnt ihr absolut sicher sein, dass ihr beim Lernen nichts auslasst, auch wenn die Reihenfolge aus didaktischen Gründen angepasst wurde.

# Benutzerhinweise

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.

**VERSTÄNDNIS<sup>+</sup>** Hier werden komplizierte Themen anhand grundlegender Prinzipien der Naturwissenschaften und mittels einfacher Sprache erklärt, um nachfolgend wichtiges Schlüsselwissen erschließen zu können.

**DEFINITION** 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 geläufig oder kompliziert sind.

**HAM-Nat-GEHEIMTIPP** Mit diesem Kasten erhaltet ihr Tipps zu speziellen Fragestellungen/Problemen, die euch bei deren Bearbeitung helfen.

**60-TAGE-LERNPLAN** Die 60-Tage-Lernpläne weisen euch darauf hin, wie das Kapitel zu bearbeiten ist, je nachdem, welchen Lernplan ihr nutzt.

**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.

**ZUSAMMENFASSUNG** Diese Kästen liefern euch die wichtigsten Take-Home-Message am Ende jedes Kapitels. Diese können euch dabei unterstützen, das Gelernte zu rekapitulieren.

## 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 dem nebenstehenden QR-Code gelangt der schnelle Zugriff.

<https://else4.de/9783437413643>

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](mailto:kundendienst@elsevier.com)

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Biologie</b> .....	1	3.1.3	S-Phase .....	34
	<i>Paul Windisch, Veronika Rojacher</i>		3.1.4	G2-Phase .....	34
<b>1</b>	<b>Grundausstattung der Zelle</b> .....	3	3.1.5	Mitose .....	34
	<i>Paul Windisch</i>		<b>3.2</b>	<b>Replikation</b> .....	35
<b>1.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	3	3.2.1	Polymerase-Kettenreaktion (PCR) .....	36
<b>1.2</b>	<b>Zellmembran</b> .....	3	3.2.2	Telomere, Telomerase und Reverse Transkriptase .....	37
1.2.1	Aufbau der Zellmembran .....	4	3.2.3	DNA-Polymerasen .....	39
1.2.2	Mizellen und Vesikel .....	5	3.2.4	DNA-Reparatur .....	39
1.2.3	Fluidität .....	5	<b>3.3</b>	<b>Mitose</b> .....	40
1.2.4	Membranproteine .....	6	3.3.1	Prophase .....	40
1.2.5	Transportmechanismen .....	7	3.3.2	Prometaphase .....	41
1.2.6	Exo- und Endozytose .....	8	3.3.3	Metaphase .....	41
<b>1.3</b>	<b>Zellorganellen</b> .....	10	3.3.4	Anaphase .....	41
1.3.1	Zytoplasma .....	10	3.3.5	Telophase .....	42
1.3.2	Mitochondrien & Endosymbiontentheorie .....	10	3.3.6	Zytokinese .....	42
1.3.3	Proteasom .....	12	<b>3.4</b>	<b>Meiose</b> .....	43
1.3.4	Ribosomen .....	12	3.4.1	1. Reifeteilung .....	43
1.3.5	Endoplasmatisches Retikulum .....	13	3.4.2	2. Reifeteilung .....	45
1.3.6	Golgi-Apparat .....	15	3.4.3	Oogenese .....	47
1.3.7	Lysosomen .....	16	3.4.4	Spermatogenese .....	47
1.3.8	Peroxisomen .....	16	<b>3.5</b>	<b>Chromosomenaberrationen</b> .....	48
<b>1.4</b>	<b>Zytoskelett-Elemente</b> .....	17	3.5.1	Non-Disjunction .....	48
<b>1.5</b>	<b>Zellkontakte</b> .....	17	3.5.2	Numerische Chromosomenaberrationen .....	48
<b>1.6</b>	<b>Gewebetypen</b> .....	18	3.5.3	Strukturelle Chromosomenaberrationen .....	48
1.6.1	Epithelien .....	18	<b>3.6</b>	<b>X-Inaktivierung</b> .....	49
1.6.2	Bindegewebe .....	19	<b>3.7</b>	<b>Zelltod</b> .....	49
1.6.3	Muskelgewebe .....	19	3.7.1	Nekrose .....	50
1.6.4	Nervengewebe .....	20	3.7.2	Apoptose .....	50
<b>2</b>	<b>Transkription und Translation – das Tagesgeschäft der Zelle</b> .....	21	<b>4</b>	<b>Genetik – Regeln der Vererbung</b> .....	53
	<i>Paul Windisch</i>			<i>Paul Windisch</i>	
<b>2.1</b>	<b>Zellkern (Nucleus)</b> .....	21	<b>4.1</b>	<b>Mendel-Regeln</b> .....	53
2.1.1	Nucleolus .....	22	4.1.1	Kreuzungsschemata .....	53
<b>2.2</b>	<b>Organisation des Chromatins</b> .....	22	4.1.2	1. Regel (Uniformitätsregel) .....	54
2.2.1	Histone .....	22	4.1.3	2. Regel (Spaltungsregel) .....	54
2.2.2	Chromosomen .....	23	4.1.4	3. Regel (Unabhängigkeits-/Neukombinationsregel) ..	54
<b>2.3</b>	<b>DNA und RNA</b> .....	25	<b>4.2</b>	<b>Autosomale und gonosomale Erbgänge</b> .....	55
2.3.1	Struktur der DNA .....	25	4.2.1	Autosomal-dominanter Erbgang .....	55
2.3.2	Struktur der RNA .....	26	4.2.2	Autosomal-rezessiver Erbgang .....	56
<b>2.4</b>	<b>Transkription</b> .....	26	4.2.3	X-chromosomal-dominanter Erbgang .....	58
2.4.1	Reifung der prä-mRNA .....	27	4.2.4	X-chromosomal-rezessiver Erbgang .....	58
<b>2.5</b>	<b>Genetischer Code und Translation</b> .....	28	4.2.5	Y-chromosomaler Erbgang .....	59
2.5.1	Genetischer Code .....	28	4.2.6	Mitochondrialer Erbgang .....	59
2.5.2	Translation .....	29	<b>4.3</b>	<b>Hardy-Weinberg-Gesetz</b> .....	59
2.5.3	Posttranslationale Modifikation .....	31	<b>4.4</b>	<b>Vererbung der Blutgruppen</b> .....	61
2.5.4	Mitochondriale DNA .....	31	4.4.1	ABO-System .....	61
2.5.5	Die verschiedenen RNAs .....	32	4.4.2	Rhesussystem .....	63
<b>3</b>	<b>Zellzyklus und Apoptose</b> .....	33	<b>4.5</b>	<b>Mutationen</b> .....	63
	<i>Paul Windisch</i>		<b>5</b>	<b>Mikrobiologie</b> .....	65
<b>3.1</b>	<b>Zellzyklus</b> .....	33		<i>Paul Windisch</i>	
3.1.1	G0-Phase .....	33	<b>5.1</b>	<b>Bakterien</b> .....	65
3.1.2	G1-Phase .....	33	5.1.1	Aufbau .....	65
			5.1.2	Bakterielle Zellwand und Zellmembran .....	67

5.1.3	Besonderheiten (Gentransfer, Klonierung, Sporen) .....	68	9	<b>Glossar Biologie</b> .....	105
5.1.4	Wachstumsverhalten .....	69		<i>Veronika Rojacher</i>	
5.1.5	Antibiotika .....	70	II	<b>Chemie</b> .....	113
5.1.6	Klassifikation .....	71		<i>Paul Windisch</i>	
5.2	<b>Viren</b> .....	71	10	<b>Grundlagen des Atombaus</b> .....	115
5.2.1	Aufbau .....	72		<i>Paul Windisch</i>	
5.2.2	Klassifikation .....	72	10.1	<b>Eigenschaften von Protonen, Elektronen und Neutronen</b> .....	115
5.2.3	Übertragung .....	72	10.1.1	Masse .....	115
5.3	<b>Prionen</b> .....	73	10.1.2	Ladung .....	115
6	<b>Stoffwechsel-Grundkurs</b> .....	75	10.2	<b>Grundlagen zum Atom</b> .....	116
	<i>Paul Windisch</i>		10.3	<b>Elektronenhülle</b> .....	117
6.1	<b>Allgemeines</b> .....	75	11	<b>Periodensystem und Orbitalmodell</b> .....	119
6.2	<b>Enzyme</b> .....	75		<i>Paul Windisch</i>	
6.2.1	Grundlagen .....	75	11.1	<b>Prinzipien der Ordnung</b> .....	119
6.2.2	Enzymkatalysierte Reaktionen .....	76	11.2	<b>Oktettregel</b> .....	120
6.2.3	Multienzymkomplex und multifunktionelle Enzyme .....	77	11.3	<b>Atomradien</b> .....	120
6.2.4	Enzymkinetik .....	77	11.4	<b>Elektronegativität</b> .....	120
6.3	<b>Glykolyse</b> .....	81	11.5	<b>Orbitalmodell</b> .....	121
6.3.1	Reaktionsschritte .....	81	12	<b>Chemische Bindung</b> .....	125
6.3.2	ATP .....	83		<i>Paul Windisch</i>	
6.3.3	NAD <sup>+</sup> /NADH+H <sup>+</sup> sowie NADP <sup>+</sup> /NADPH+H <sup>+</sup> .....	85	12.1	<b>Metallische Bindung</b> .....	125
6.3.4	Anaerobe Glykolyse .....	85	12.1.1	Eigenschaften .....	125
6.3.5	Bilanz der Glykolyse .....	86	12.1.2	Legierungen .....	126
6.3.6	Insulin und Glucagon .....	86	12.2	<b>Ionenbindung</b> .....	126
6.4	<b>Pyruvatdehydrogenase (PDH)</b> .....	87	12.2.1	Eigenschaften .....	127
6.4.1	Acetyl-CoA .....	87	12.2.2	Salzformeln .....	127
6.5	<b>Citratzyklus</b> .....	89	12.2.3	Nomenklatur .....	127
6.5.1	Reaktionsschritte .....	89	12.3	<b>Das Mol</b> .....	128
6.5.2	Bilanz .....	91	12.4	<b>Atombindung</b> .....	129
6.6	<b>Atmungskette</b> .....	91	12.4.1	Zweiatomige Gase .....	129
6.6.1	Grundprinzipien der Atmungskette .....	92	12.4.2	Molekülorbitale .....	130
6.6.2	Reaktionsschritte .....	92	12.4.3	Hybridisierung .....	130
6.6.3	ATP-Synthase .....	93	12.4.4	Geometrie .....	131
6.6.4	Regulation der Atmungskette .....	94	12.5	<b>Koordinative Bindung</b> .....	132
7	<b>Signaltransduktion</b> .....	95	13	<b>Intermolekulare Kräfte</b> .....	133
	<i>Paul Windisch</i>			<i>Paul Windisch</i>	
7.1	<b>Nervenreizleitung</b> .....	95	13.1	<b>Dipole</b> .....	133
7.1.1	Ruhepotenzial .....	95	13.2	<b>Van-der-Waals-Kräfte</b> .....	134
7.1.2	Generatorpotenzial .....	95	13.3	<b>Wasserstoffbrückenbindungen</b> .....	134
7.1.3	Aktionspotenzial .....	95	13.4	<b>Hydrophobe Wechselwirkungen</b> .....	134
7.1.4	Repolarisation .....	95	14	<b>Aggregatzustände</b> .....	137
7.1.5	Refraktärphase .....	95		<i>Paul Windisch</i>	
7.1.6	Synapsen .....	95	14.1	<b>Temperatur</b> .....	137
7.2	<b>Hormone</b> .....	96	14.2	<b>Aggregatzustände und Übergänge</b> .....	137
7.2.1	Klassifikation .....	97	14.3	<b>Folgen für die Chemie</b> .....	138
7.2.2	Transport .....	97	14.4	<b>Diffusion und Osmose</b> .....	138
7.2.3	Rezeptoren .....	97	15	<b>Stoffumwandlungen</b> .....	141
7.2.4	Hypophyse .....	97		<i>Paul Windisch</i>	
7.3	<b>Sinnesorgane</b> .....	98	15.1	<b>Reaktionsgleichungen</b> .....	141
7.3.1	Auge .....	98	15.2	<b>Stöchiometrie</b> .....	142
7.3.2	Ohr .....	100	15.3	<b>Konzentration</b> .....	142
8	<b>Grundkurs Evolution</b> .....	103			
	<i>Paul Windisch</i>				
8.1	<b>Charles Darwin</b> .....	103			
8.2	<b>Genpool</b> .....	103			
8.3	<b>Konvergenz und Divergenz</b> .....	103			

<b>15.4</b>	<b>Homogenes Gleichgewicht</b> .....	143	<b>19</b>	<b>Redoxreaktionen</b> .....	169
15.4.1	Prinzip von Le Chatelier .....	143		<i>Paul Windisch</i>	
15.4.2	Massenwirkungsgesetz .....	144	<b>19.1</b>	<b>Definitionen</b> .....	169
<b>15.5</b>	<b>Heterogenes Gleichgewicht</b> .....	145	<b>19.2</b>	<b>Spannungsreihe</b> .....	170
15.5.1	Stoffgemische .....	145	<b>19.3</b>	<b>Nernst-Gleichung</b> .....	171
15.5.2	Nernst-Verteilungsgesetz .....	146	<b>19.4</b>	<b>Elektrochemische Zelle</b> .....	171
<b>16</b>	<b>Thermodynamik</b> .....	147	<b>20</b>	<b>Grundlagen der organischen Chemie</b> .....	173
	<i>Paul Windisch</i>			<i>Paul Windisch</i>	
<b>16.1</b>	<b>Grundlegende Begriffe</b> .....	147	<b>20.1</b>	<b>Einführung</b> .....	173
16.1.1	Enthalpie .....	147	20.1.1	Kohlenstoff .....	173
16.1.2	Entropie .....	147	20.1.2	Bindungspartner des Kohlenstoffs .....	173
16.1.3	Gibbs-Energie .....	147	20.1.3	Reaktionen .....	174
<b>16.2</b>	<b>Rechnen mit G</b> .....	148	<b>20.2</b>	<b>Alkane</b> .....	175
<b>16.3</b>	<b>Chemische Reaktionen mit G</b> .....	149	20.2.1	Homologe Reihe .....	175
16.3.1	Aktivierungsenergie und Energieprofile .....	149	20.2.2	Konstitutionsisomere und Nomenklatur .....	176
16.3.2	Gekoppelte Reaktionen .....	149	20.2.3	Konformationsisomere .....	177
<b>16.4</b>	<b>Fließgleichgewichte</b> .....	149	20.2.4	Skelettformeln .....	178
<b>17</b>	<b>Kinetik</b> .....	151	<b>20.3</b>	<b>Cycloalkane</b> .....	178
	<i>Paul Windisch</i>		20.3.1	Nomenklatur .....	178
<b>17.1</b>	<b>Geschwindigkeitskonstante k</b> .....	151	20.3.2	Stabilität .....	179
<b>17.2</b>	<b>Reaktionsgeschwindigkeit</b> .....	151	<b>20.4</b>	<b>Alkene</b> .....	179
17.2.1	Katalysatoren .....	152	20.4.1	Nomenklatur .....	179
<b>17.3</b>	<b>Reaktionsordnung</b> .....	152	20.4.2	Konfigurationsisomere .....	180
17.3.1	Geschwindigkeitsbestimmende Reaktion .....	154	20.4.3	Doppelbindungen .....	180
<b>18</b>	<b>Säuren und Basen</b> .....	155	<b>20.5</b>	<b>Alkine</b> .....	180
	<i>Paul Windisch</i>		<b>20.6</b>	<b>Aromaten</b> .....	181
<b>18.1</b>	<b>Definitionen</b> .....	155	20.6.1	Kriterien und Struktur .....	181
18.1.1	Typische Säuren .....	156	20.6.2	Nomenklatur .....	181
18.1.2	Typische Basen .....	157	20.6.3	Substituierte Aromaten .....	182
18.1.3	Ampholyte .....	157	<b>21</b>	<b>Funktionelle Gruppen</b> .....	183
18.1.4	Zusammengesetzte Ionen .....	157		<i>Paul Windisch</i>	
<b>18.2</b>	<b>pH, pKs und pKb</b> .....	159	<b>21.1</b>	<b>Sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen</b> .....	183
18.2.1	pH und pOH .....	159	21.1.1	Alkohole .....	183
18.2.2	pKs und pKb .....	160	21.1.2	Ether .....	184
<b>18.3</b>	<b>pH-Wert-Berechnung</b> .....	161	21.1.3	Aldehyde und Ketone .....	184
18.3.1	Starke Säuren/Basen .....	161	21.1.4	Carbonsäuren .....	187
18.3.2	Schwache Säuren/Basen .....	161	21.1.5	Reaktionen an funktionellen Gruppen .....	188
<b>18.4</b>	<b>Mehrprotonige Säuren</b> .....	161	21.1.6	Phosphorsäure .....	189
18.4.1	Indikatoren .....	162	<b>21.2</b>	<b>Stickstoffhaltige funktionelle Gruppen</b> .....	189
<b>18.5</b>	<b>Pufferlösungen</b> .....	162	<b>21.3</b>	<b>Schwefelhaltige funktionelle Gruppen</b> .....	191
<b>18.6</b>	<b>Titration</b> .....	163	21.3.1	Thiole .....	192
18.6.1	Titration einer starken Säure mit einer starken Base .....	164	21.3.2	Andere schwefelhaltige funktionelle Gruppen .....	192
18.6.2	Titration einer starken Base mit einer starken Säure .....	164	<b>22</b>	<b>Stereochemie</b> .....	193
18.6.3	Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base .....	164		<i>Paul Windisch</i>	
18.6.4	Titration einer schwachen Base mit einer schwachen Säure .....	165	<b>23</b>	<b>Aminosäuren, Peptide und Proteine</b> .....	195
18.6.5	Titration mehrprotoniger Säure .....	166		<i>Paul Windisch</i>	
<b>18.7</b>	<b>Wasserhärte</b> .....	166	<b>23.1</b>	<b>Aminosäuren</b> .....	195
<b>18.8</b>	<b>Mesomerie</b> .....	166	23.1.1	Proteinogene Aminosäuren .....	195
<b>18.9</b>	<b>Salze</b> .....	167	23.1.2	Isoelektrischer Punkt .....	195
			<b>23.2</b>	<b>Peptidbindung</b> .....	197
			<b>23.3</b>	<b>Peptid und Protein</b> .....	198
			23.3.1	Primärstruktur .....	198
			23.3.2	Sekundärstruktur .....	198
			23.3.3	Tertiärstruktur .....	198
			23.3.4	Quartärstruktur .....	199

<b>36</b>	<b>Thermodynamik und Gase</b> .....	277	<b>38</b>	<b>Licht und andere Wellen</b> .....	289
	<i>Paul Windisch</i>			<i>Paul Windisch</i>	
36.1	<b>Wärme</b> .....	277	38.1	<b>Wellen</b> .....	289
36.2	<b>Innere Energie und Hauptsätze der Thermodynamik</b> .....	278	38.2	<b>Schall</b> .....	290
36.3	<b>Gase</b> .....	279	38.3	<b>Licht</b> .....	290
36.3.1	Ideale Gase .....	279	<b>39</b>	<b>Optik</b> .....	293
36.3.2	Allgemeine Gasgleichung .....	279		<i>Paul Windisch</i>	
36.3.3	Zustandsänderungen .....	279	39.1	<b>Reflexion</b> .....	293
<b>37</b>	<b>Elektrizität</b> .....	281	39.2	<b>Brechung</b> .....	293
	<i>Paul Windisch</i>		39.3	<b>Linsen</b> .....	295
37.1	<b>Begriffe und Größen</b> .....	281	39.3.1	Konvexe Linsen .....	295
37.1.1	Ladung .....	281	39.3.2	Konkave Linsen .....	295
37.1.2	Strom .....	281	39.4	<b>Auge</b> .....	295
37.1.3	Spannung .....	282	39.5	<b>Lupe und Mikroskop</b> .....	296
37.2	<b>Stromkreis</b> .....	283	<b>40</b>	<b>Ionisierende Strahlung</b> .....	297
37.2.1	Unverzweigter Stromkreis .....	283		<i>Paul Windisch</i>	
37.2.2	Verzweigter Stromkreis .....	285	40.1	<b>Radioaktivität</b> .....	297
37.3	<b>Magnetismus</b> .....	286	40.2	<b>Aktivität und Halbwertszeit</b> .....	298
37.3.1	Magneten und ihre Kräfte .....	286	40.3	<b>Dosis</b> .....	298
37.3.2	Magneten und Strom .....	286	<b>41</b>	<b>Formelsammlung Physik</b> .....	301
37.4	<b>Wechselstrom</b> .....	287		<i>Paul Windisch</i>	
				<b>Register</b> .....	311

# Biologie

Paul Windisch, Veronika Rojacher

<b>1</b>	<b>Grundausrüstung der Zelle</b> .....	3	4.3	Hardy-Weinberg-Gesetz .....	59
1.1	Allgemeines .....	3	4.4	Vererbung der Blutgruppen .....	61
1.2	Zellmembran .....	3	4.5	Mutationen .....	63
1.3	Zellorganellen .....	10	<b>5</b>	<b>Mikrobiologie</b> .....	65
1.4	Zytoskelett-Elemente .....	17	5.1	Bakterien .....	65
1.5	Zellkontakte .....	18	5.2	Viren .....	71
1.6	Gewebetypen .....	18	5.3	Prionen .....	73
<b>2</b>	<b>Transkription und Translation – das Tagesgeschäft der Zelle</b> .....	21	<b>6</b>	<b>Stoffwechsel-Grundkurs</b> .....	75
2.1	Zellkern (Nucleus) .....	21	6.1	Allgemeines .....	75
2.2	Organisation des Chromatins .....	22	6.2	Enzyme .....	75
2.3	DNA und RNA .....	25	6.3	Glykolyse .....	81
2.4	Transkription .....	26	6.4	Pyruvatdehydrogenase (PDH) .....	87
2.5	Genetischer Code und Translation .....	28	6.5	Citratzyklus .....	89
<b>3</b>	<b>Zellzyklus und Apoptose</b> .....	33	6.6	Atmungskette .....	91
3.1	Zellzyklus .....	33	<b>7</b>	<b>Signaltransduktion</b> .....	95
3.2	Replikation .....	35	7.1	Nervenreizleitung .....	95
3.3	Mitose .....	40	7.2	Hormone .....	96
3.4	Meiose .....	43	7.3	Sinnesorgane .....	98
3.5	Chromosomenaberrationen .....	48	<b>8</b>	<b>Grundkurs Evolution</b> .....	103
3.6	X-Inaktivierung .....	49	8.1	Charles Darwin .....	103
3.7	Zelltod .....	49	8.2	Genpool .....	103
<b>4</b>	<b>Genetik – Regeln der Vererbung</b> .....	53	8.3	Konvergenz und Divergenz .....	103
4.1	Mendel-Regeln .....	53	<b>9</b>	<b>Glossar Biologie</b> .....	105
4.2	Autosomale und gonosomale Erbgänge .....	55			

## Lernplan Biologie

- Denkt daran, **abzuhaken**, was ihr schon geschafft habt – so erkennt ihr euren Lernfortschritt und bleibt motiviert!
- Im Biologie-Glossar (> Kap. 9) könnt ihr die **wichtigsten Begriffe** nachschlagen, wenn ihr Unterstützung braucht.
- **Unsere Gliederung folgt nicht immer dem Themenkatalog, aber keine Sorge: Alle wichtigen Stichworte sind enthalten. Die folgende Tabelle zeigt euch, in welchem Kapitel sich das jeweilige Stichwort findet.**
- Wenn ihr bei der Lektüre dieses Kapitels merkt, dass euch fehlendes Grundlagenwissen aus der Chemie das Verständnis erschwert, bearbeitet zuerst den Chemie-Teil und widmet euch danach der Biologie.

## Biologie

Buchkapitel	30-Tage-Lernplan	60-Tage-Lernplan	Erledigt?	Stichwort im Themenkatalog
1 Grundausstattung der Zelle	2	3	<input type="checkbox"/>	Prokaryoten, Eukaryoten, Zellaufbau, Organellen, Membranen, Endosymbiontentheorie
2 Transkription und Translation – das Tagesgeschäft der Zelle	1	3	<input type="checkbox"/>	Aufbau von DNA, Genen und Genom, Proteinbiosynthese: Transkription und Translation
3 Zellzyklus und Apoptose	1	2	<input type="checkbox"/>	DNA-Replikation und -reparatur, Zellteilung, Mitose, Meiose, Keimzellen, Polymerasekettenreaktion
4 Genetik – Regeln der Vererbung	1	3	<input type="checkbox"/>	Blutgruppen, Vererbung der Blutgruppen, Gene und Vererbung, Mendel'sche Regeln, Hardy-Weinberg-Gesetz, Erbgänge, Stammbäume, Mutationen
5 Mikrobiologie	1	2	<input type="checkbox"/>	Prokaryoten, Viren, reverse Transkriptase, cDNA, Klonierung, Konjugation
6 Stoffwechsel-Grundkurs	2	3	<input type="checkbox"/>	enzymatische Reaktionen, Regulationsprinzipien, Energieübertragung durch ATP, Elektronenübertragung durch NAD <sup>+</sup> , Glykolyse, Citratzyklus, Atmungskette
7 Signaltransduktion 8 Grundkurs Evolution	1	2	<input type="checkbox"/>	Auge, Ohr, Gleichgewichtsorgan, Prinzipien hormoneller Signalweiterleitung, Nerven: Reizleitung, Gleichgewichts- und Aktionspotenzial, Ionenleitfähigkeit, Darwin'sche Theorie
<b>Lerntage gesamt Biologie</b>	<b>9</b>	<b>18</b>		

## KAPITEL

## 1

# Grundausrüstung der Zelle

Paul Windisch

## 1.1 Allgemeines

In den Kapiteln der Biologie dreht sich alles um Zellen. Wir betrachten, wie Zellen aufgebaut sind, wie der „Alltag“ einer Zelle aussieht und befassen uns dann genauer mit den besonderen Ereignissen im Leben von Zellen, nämlich Zellteilung und Zelltod.

Ihr habt mit Sicherheit bereits gehört, dass alle Lebewesen aus Zellen bestehen, und dass diese Zellen die **kleinsten Einheiten des Lebens** darstellen. Doch was bedeutet das? Dass Zellen Einheiten des Lebens sind, ist logisch, schließlich besitzen sie einen **Stoffwechsel** und können sich selbst vermehren (**reproduzieren**), d. h., sie sind definitiv lebendig. Zellen bestehen aus einem wässrigen Medium, dem **Zytoplasma**, in dem viele kleine Organellen mit bestimmten Funktionen schwimmen. Dabei können sich aber die Organellen, auch wenn sie durchaus bestimmte Stoffwechselschritte durchführen, nicht selbstständig vermehren bzw. außerhalb der Zelle existieren, wohingegen es durchaus Organismen gibt, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen. Folglich sind die kleineren Bestandteile einer Zelle keine Lebewesen mehr, sodass die Zelle tatsächlich die kleinste Einheit des Lebens darstellt. Eine Sonderstellung nimmt dabei das **Mitochondrium** ein, auf das wir später noch zu sprechen kommen werden.

**VERSTÄNDNIS+** Was sind **Organellen**? Organellen sind für Zellen, was für den Menschen seine Organe sind – kleinere Bestandteile, die eine oder mehrere Funktionen erfüllen. Die Organellen werden noch in diesem Kapitel thematisiert, lediglich der **Zellkern (Nucleus)** wird wegen seiner besonderen Funktion erst im Anschluss besprochen.

Eine wichtige Unterscheidung von Organismen, die man – auch für den HAM-Nat – in jedem Fall kennen sollte, ist die in Prokaryoten und Eukaryoten:

**Prokaryoten** besitzen **keinen Zellkern** und sind im Allgemeinen simpler aufgebaut als die Zellen von Eukaryoten. Die Zellen von Prokaryoten bezeichnet man auch als Prozyten oder Prokaryozyten. Die wichtigsten Vertreter der Prokaryoten sind die **Bakterien**, die vorwiegend aus einer einzigen Zelle bestehen und uns ebenfalls später im Buch beschäftigen werden.

**Eukaryoten** besitzen einen **Zellkern**. Die Zellen von Eukaryoten bezeichnet man als Eukaryozyten oder Euzyten. Zu den Eukaryoten zählen unter anderem die mehrzelligen Organismen (wie **Tiere und Pflanzen**) sowie die **Pilze**.

**VERSTÄNDNIS+** Um sich unbekannte Begriffe herzuleiten, ist es hilfreich, sich ein paar Wortbestandteile einzuprägen, die einem immer wieder begegnen werden: „Pro“ bedeutet so viel wie „vor“. Alles mit „kary“ hat etwas mit dem Zellkern zu tun und „zyto“ sagt uns, dass es um Zellen geht. „Prokaryozyten“ sind folglich Zellen, die „vor einem Kern“ sind, sprich keinen Kern besitzen. Prokaryoten sind passenderweise in der Evolution auch vor den Eukaryoten entstanden.

Alles, was ihr in den ersten Kapiteln über Zellen erfahrt, bezieht sich zunächst mal auf Eukaryoten. Die Besonderheiten der Prokaryoten werden wir anschließend herausarbeiten.

## 1.2 Zellmembran

Wir haben bereits gelernt, dass Zellen mit Zytoplasma gefüllt sind, in dem die Organellen schwimmen. Die Zelle wird dabei von einer Membran umgeben, die alles zusammenhält und die Zelle gegenüber ihrer Umgebung abgrenzt.

Auch innerhalb der Zelle spielen Membranen eine Rolle: Wenn z. B. für eine chemische Reaktion hohe Konzentrationen eines bestimmten Stoffs notwendig sind, ist ein abgegrenzter Raum innerhalb der Zelle

notwendig, in dem dieser Stoff angereichert werden kann. Die Unterteilung der Zelle in eben diese Räume, die auch **Kompartimente** bzw. Organellen genannt werden, ist ebenfalls Aufgabe der Membranen. Da sowohl die äußere Zellmembran als auch die inneren Membranen, die die Zelle weiter unterteilen, ähnlich aufgebaut sind und nach demselben Prinzip „funktionieren“, spricht man auch von **biologischen Einheitsmembranen**. Übrigens:

Die Zellen von Tieren besitzen Zellmembranen und **keine Zellwände!** Zellwände gibt es bei Pflanzen und einigen Bakterienarten.

### 1.2.1 Aufbau der Zellmembran

Die wichtigsten Grundbausteine von Zellmembranen stellen **Phospholipide** dar. Ein Phospholipid zählt, wie die Triglyceride (also die Stoffe, die man im Alltag als „Fette“ bezeichnet) auch zu den Lipiden. Ein wesentlicher Unterschied zu den Triglyceriden besteht darin, dass Triglyceride völlig unpolar bzw. lipophil sind.

Phospholipide besitzen zwar auch zwei unpolare Kohlenwasserstoffketten (nicht drei wie die Triglyceride), tragen aber zudem eine Phosphatgruppe. Diese Phosphatgruppe kann selbst noch weitere Bindungen ausbilden (> Abb. 1.1). Wichtig ist aber vor allem, dass die Phosphatgruppe geladen ist. Folglich besitzt ein Phospholipid sowohl einen hydrophoben, d. h. lipophilen, unpolaren Teil (die Kohlenwasserstoffketten), aber auch einen hydrophilen, d. h. lipophoben, polaren Teil (die Kopfgruppe mit Phosphat). Moleküle, die sowohl polare als auch unpolare Bereiche enthalten, bezeichnet man als **amphiphil** bzw. **amphipatisch** – zwei Begriffe, die ihr im Hinblick auf Klausuren definitiv kennen solltet.

Wie ordnen sich nun die Phospholipide an, wenn sie eine Zellmembran bilden? Dazu muss man sich zu allererst klarmachen, dass der wichtigste Bestandteil des Zytoplasmas **Wasser** ist. Wir wissen, dass die Phospholipide eine hydrophile Domäne (die polare Kopfgruppe mit dem Phosphatrest) besitzen. Diese wird sich entsprechend dem Wasser zuwenden und mit ihm gegebenenfalls sogar Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Die hydrophoben Domänen stehen allerdings vor einem Problem: Da sie quasi komplett von Wasser umgeben sind, haben sie keine Möglichkeit, den Kontakt zum Wasser zu vermeiden ... es sei denn, sie lagern sich zusammen. Wenn sich zwei Phospholipide so anordnen, dass ihre hydrophoben Schwänze zueinander ausgerichtet sind, reduziert sich die Kontaktfläche der hydrophoben Domänen zum Wasser schon mal ein wenig. Wenn nun auch noch benachbarte Phospholipide mitmachen, verringert sich die Kontaktfläche weiter. Dieses Prinzip solltet ihr kennen: die hydrophobe Wechselwirkung.

Auf diese Weise entsteht eine **Doppelschicht (Bilayer)** – das Grundgerüst der biologischen Einheitsmembranen (> Abb. 1.2). Die Phospholipide halten zwar zusammen, können aber aneinander vorbeigleiten. Man spricht in diesem Zusammenhang von **lateraler Diffusion**.

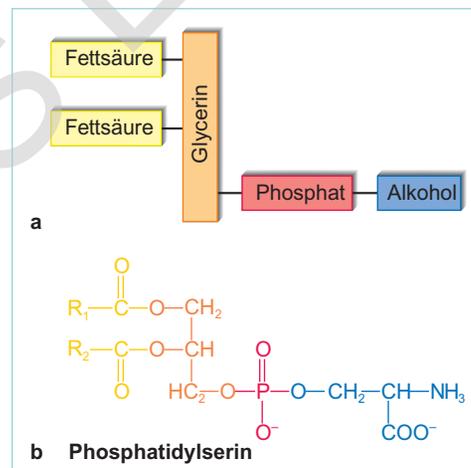


Abb. 1.1 Phospholipid: a) Schema, b) Beispiel Phosphatidylserin [L253]

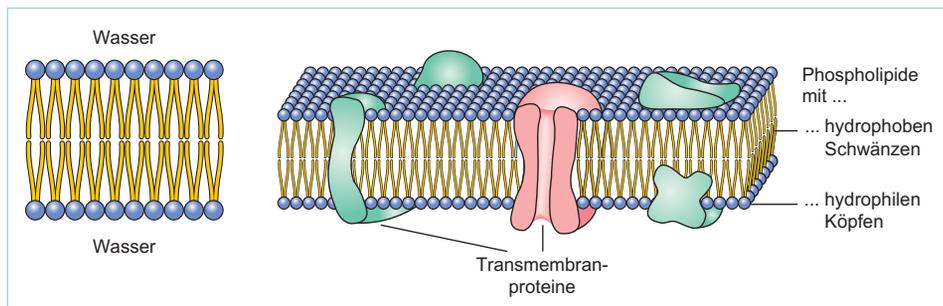


Abb. 1.2 Phospholipiddoppelschicht ohne und mit Membranproteinen [L253]

### 1.2.2 Mizellen und Vesikel

Die simpelste Anordnung, die Phospholipide einnehmen können, um ihre Kontaktfläche zur wässrigen Umgebung zu reduzieren, ist die der **Mizelle**. Dabei bilden sie eine Kugel, wobei die hydrophoben Schwänze im Kern der Kugel einen **hydrophoben Raum** schaffen ( > Abb. 1.3). Befinden sich in diesem Raum lipophile Substanzen, können diese in Wasser gelöst werden, obwohl das sonst aufgrund ihrer Eigenschaften nicht möglich wäre.

Im Unterschied zur Zellmembran liegen in Mizellen immer nur **einfache Phospholipidschichten** vor.

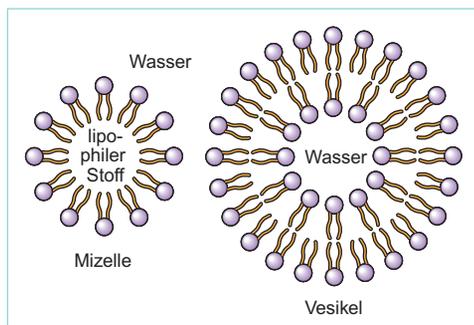


Abb. 1.3 Mizelle und Vesikel [L253]

**EPISCHE ESELSBRÜCKE** Mizellen = Monolayer!

Auch die Phospholipiddoppelschicht ist in der Lage, eine kugelförmige (sphärische) Anordnung anzunehmen. Dabei entsteht allerdings im Kern kein lipophiler, sondern ein **hydrophiler Raum**. In diesem Fall spricht man von einem **Liposom**. Häufig wird auch der Begriff Vesikel (Bläschen) verwendet ( > Abb. 1.3). Liposomen werden z. B. als Hülle für bestimmte Arzneistoffe eingesetzt, die auf diese Weise vor frühzeitiger Metabolisierung geschützt werden.

### 1.2.3 Fluidität

Zurück zu den Phospholipiddoppelschichten, die unsere Zellmembranen bilden:

Wir haben gelernt, dass aufgrund der vergleichsweise schwachen Anziehungskräfte zwischen den einzelnen Phospholipiden laterale Diffusion möglich ist. Das Ausmaß der lateralen Diffusion ist dabei vor allem von einem Faktor abhängig, von dem ihr mal gehört haben solltet:

Steigt die **Umgebungstemperatur**, schwingen die Teilchen stärker und gleiten vermehrt aneinander vorbei.

Die Fettsäuren, die den unpolaren Teil der Phospholipide bilden, beeinflussen die Viskosität der Membran stark. Das liegt daran, dass die **Van-der-Waals-Kräfte** zwischen großen Molekülen stärker sind. Entsprechend sind Zellmembranen, in denen viele **langkettige Fettsäuren** vorkommen, viskoser (also von geringerer Fluidität) als andere.

Bei Fettsäuren mit Doppelbindungen, also **ungesättigten Fettsäuren**, spielt die Konfiguration der Doppelbindung eine wichtige Rolle. In der Natur vorkommende Fettsäuren sind normalerweise **cis- bzw. Z-konfiguriert**. Diese Konfiguration sorgt für einen „Knick“ in der Struktur der Fettsäure (wenn ihr Probleme habt, euch das vorzustellen, solltet ihr mal im Internet nach der Strukturformel einer ungesättigten Fettsäure wie etwa der „Ölsäure“ suchen). Ihr könnt euch sicher vorstellen, dass Phospholipide mit so

sperrigen Fettsäuren nicht ganz so dicht aneinander gepackt werden können. Entsprechend bilden sich zwischen ungesättigten Fettsäuren weniger Van-der-Waals-Brücken aus, was zu einer hohen Fluidität führt.

**EPISCHE ESELSBRÜCKE** Welche Konfiguration haben die natürlich vorkommenden Fettsäuren? **Cis** macht den **Cnick**!

### 1.2.4 Membranproteine

Aus dem, was wir bisher zu Zellmembranen gelernt haben, ergibt sich ein Problem: Die Zellmembran besteht aus Phospholipiden, wobei sich die hydrophoben Schwänze zusammenlagern. Da sich aber hydrophile Stoffe nur in anderen hydrophilen Stoffen lösen, würde die Zellmembran für sämtliche hydrophilen Moleküle (also auch Wasser) eine unüberwindbare Barriere darstellen, was im Hinblick auf den Stoffwechsel unserer Zelle ziemlich unpraktisch wäre.

Abhilfe schaffen Proteine, die z. B. **Tunnel** bilden und so hydrophilen Stoffen helfen, die Membran zu passieren. Solche Proteine erstrecken sich von der einen Seite der Membran auf die andere, weshalb man sie als **integrale Membranproteine** oder **Transmembranproteine** bezeichnet. Ein Beispiel für Transmembranproteine sind die **Aquaporine**, durch die Wassermoleküle die Zellmembran überwinden können.

Membranproteine können aber auch andere Funktionen wahrnehmen. Manche membranständigen Enzyme sind an Stoffwechselschritten beteiligt, andere Proteine dienen als Verankerung für Elemente des Zytoskeletts. Solche Proteine durchdringen oftmals nicht die gesamte Membran, sondern sitzen nur an einer Seite. Man bezeichnet sie entsprechend als **periphere Membranproteine** (> Abb. 1.4).

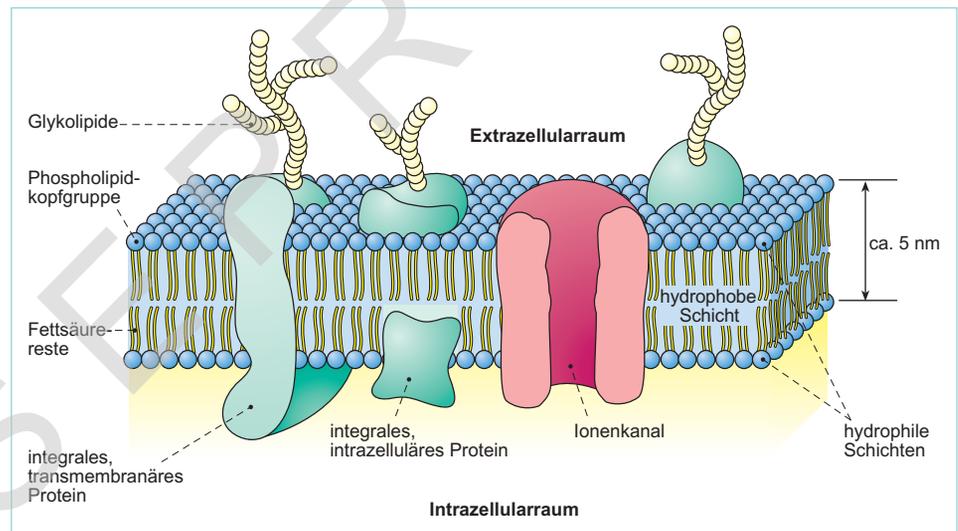


Abb. 1.4 Zellmembran mit Membranproteinen und Glykokalix [L106]

Übrigens: Das Modell einer Zellmembran, die aus vergleichsweise ortsständigen Proteinen und verschiedenen Phospholipiden besteht, wird als **Fluid-Mosaik-Modell** bezeichnet (> Abb. 1.5).

Einige Membranproteine und Lipide tragen Zuckerreste. Sie werden entsprechend **Glykoproteine** bzw. **Glykolipide** genannt. Diese Zucker sind sozusagen die Visitenkarte der Zelle. Auf diese Weise gibt sie sich anderen Zellen zu erkennen, wie etwa denen des Immunsystems. Mit dieser Information solltet ihr euch auch merken können, dass die Zucker immer im äußeren Blatt der Zellmembran verankert sind. Schließlich wäre es sinnlos, wenn sich die Zelle „nach innen“ zu erkennen gäbe.

Die Gesamtheit aller Zuckerreste auf der extrazellulären Seite der Zellmembran nennt man **Glykokalix** (> Abb. 1.4).

## KAPITEL

## 9

## Glossar Biologie

Veronika Rojacher

Die wichtigsten Fachbegriffe der Biologie zum Nachschlagen, Üben und Lernen!

## A

<b>aerober Organismus</b>	auf Sauerstoff angewiesen; Gegenteil ↑ anaerober Organismus
<b>Allele</b>	mutationsbedingt abweichende/alternative Variante eines ↑ Gens
<b>Allelfrequenz</b>	Häufigkeit, mit der ein ↑ Allel innerhalb einer Population auftritt
<b>Aminosäuren</b>	(= Amino[carbon]säuren), Grundbausteine der ↑ Proteine; bestehen stets aus einem Kohlenstoffatom, an das ein Wasserstoffatom, eine Carboxy- und eine Aminogruppe sowie ein sog. Rest gebunden sind
<b>Amplifikation</b>	(selektive) Vervielfachung eines bestimmten ↑ Gens oder DNA-Abschnitts; (vgl. ↑ DNA, ↑ Polymerase-Kettenreaktion)
<b>anaerober Organismus</b>	nicht auf Sauerstoff angewiesen; Gegenteil ↑ aerober Organismus
<b>Aneuploidie</b>	Abweichungen vom normalen Chromosomensatz eines Organismus aufgrund einer ↑ numerischen Chromosomenaberration
<b>Antibiotikum</b>	Substanz, die Bakterien (schon in geringer Konzentration) tötet (bakterizid) oder ihr Wachstum hemmt (bakteriostatisch); greift u. a. in die ↑ Transkription oder ↑ Translation ein
<b>Anticodon</b>	Abfolge von drei ↑ Nukleinbasen (Basentriplett) an einer spezifischen Position der ↑ tRNA; bindet während der ↑ Translation an das komplementäre ↑ Codon der ↑ mRNA
<b>Antigen</b>	Substanz/Struktur, die das Immunsystem als fremd erkennt; löst meist eine Gegenreaktion des Körpers, Immunreaktion z. B. durch die Produktion von ↑ Antikörpern, aus, die zur Immunität führt (Immunogen)
<b>Antikörper</b>	von Plasmazellen (gereifte B-Lymphozyten) und einigen B-Lymphozyten hergestelltes ↑ Protein (Immunglobulin); bindet spezifisch an das ↑ Antigen und löst die (humorale) Immunreaktion aus
<b>Apoptose</b>	programmierter Zelltod
<b>autosomal</b>	die ↑ Autosomen betreffend
<b>Autosomen</b>	(= Körperchromosomen), alle ↑ Chromosomen eines ↑ Nucleus mit Ausnahme der ↑ Gonosomen

## B

<b>Bakteriophagen</b>	Viren, die ausschließlich in Bakterien parasitieren (vgl. ↑ Virus)
<b>Barr-Körperchen</b>	inaktives, hochkondensiertes X-Chromosom weiblicher Körperzellen (bei Säugetieren); (vgl. ↑ X-Inaktivierung, ↑ Heterochromatin)
<b>Base</b>	↑ Nukleinbasen

## C

<b>Chiasma</b>	(Plural: Chiasmata), beschreibt den Vorgang der Überkreuzung homologer Nicht-Schwesterchromatiden (vgl. ↑ Schwesterchromatiden), die durch ↑ Crossing-over während der ↑ Meiose genetisches Material austauschen
<b>Chromatid</b>	besteht aus DNA-Doppelstrang plus assoziierten Proteinen; nach der ↑ DNA-Replikation liegen eukaryotische ↑ Chromosomen als Zwei-Chromatid-Chromosomen vor (↑ Schwesterchromatiden), verbunden am ↑ Zentromer; nach der Mitose und Meiose II liegen sie als Ein-Chromatid Chromosomen vor
<b>Chromatin</b>	Komplex aus dem die ↑ Chromosomen bestehen; aggregierte Masse bestehend aus ↑ DNA und ↑ Proteinen; spezifisch anfärbbar und im Interphasekern von Eukaryotenzellen unter dem Mikroskop sichtbar
<b>Chromosomen</b>	fädige Struktur im Eukaryotennucleus, bestehend aus ↑ DNA und ↑ Proteinen; beim Menschen sind sie (außer in ↑ Gameten) paarweise vorhanden (vgl.



# Chemie

Paul Windisch

<b>10 Grundlagen des Atombaus</b> .....	115	<b>18 Säuren und Basen</b> .....	155
10.1 Eigenschaften von Protonen, Elektronen und Neutronen .....	115	18.1 Definitionen .....	155
10.2 Grundlagen zum Atom .....	116	18.2 pH, $pK_s$ und $pK_b$ .....	159
10.3 Elektronenhülle .....	117	18.3 pH-Wert-Berechnung .....	161
<b>11 Periodensystem und Orbitalmodell</b> .....	119	18.4 Mehrprotonige Säuren .....	161
11.1 Prinzipien der Ordnung .....	119	18.5 Pufferlösungen .....	162
11.2 Oktettregel .....	120	18.6 Titration .....	163
11.3 Atomradien .....	120	18.7 Wasserhärte .....	166
11.4 Elektronegativität .....	120	18.8 Mesomerie .....	166
11.5 Orbitalmodell .....	121	18.9 Salze .....	167
<b>12 Chemische Bindung</b> .....	125	<b>19 Redoxreaktionen</b> .....	169
12.1 Metallische Bindung .....	125	19.1 Definitionen .....	169
12.2 Ionenbindung .....	126	19.2 Spannungsreihe .....	170
12.3 Das Mol .....	128	19.3 Nernst-Gleichung .....	171
12.4 Atombindung .....	129	19.4 Elektrochemische Zelle .....	171
12.5 Koordinative Bindung .....	132	<b>20 Grundlagen der organischen Chemie</b> .....	173
<b>13 Intermolekulare Kräfte</b> .....	133	20.1 Einführung .....	173
13.1 Dipole .....	133	20.2 Alkane .....	175
13.2 Van-der-Waals-Kräfte .....	134	20.3 Cycloalkane .....	178
13.3 Wasserstoffbrückenbindungen .....	134	20.4 Alkene .....	179
13.4 Hydrophobe Wechselwirkungen .....	134	20.5 Alkine .....	180
<b>14 Aggregatzustände</b> .....	137	20.6 Aromaten .....	181
14.1 Temperatur .....	137	<b>21 Funktionelle Gruppen</b> .....	183
14.2 Aggregatzustände und Übergänge .....	137	21.1 Sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen .....	183
14.3 Folgen für die Chemie .....	138	21.2 Stickstoffhaltige funktionelle Gruppen .....	189
14.4 Diffusion und Osmose .....	138	21.3 Schwefelhaltige funktionelle Gruppen .....	191
<b>15 Stoffumwandlungen</b> .....	141	<b>22 Stereochemie</b> .....	193
15.1 Reaktionsgleichungen .....	141	<b>23 Aminosäuren, Peptide und Proteine</b> .....	195
15.2 Stöchiometrie .....	142	23.1 Aminosäuren .....	195
15.3 Konzentration .....	142	23.2 Peptidbindung .....	197
15.4 Homogenes Gleichgewicht .....	143	23.3 Peptid und Protein .....	198
15.5 Heterogenes Gleichgewicht .....	145	<b>24 Lipide</b> .....	201
<b>16 Thermodynamik</b> .....	147	24.1 Fettsäuren .....	201
16.1 Grundlegende Begriffe .....	147	24.2 Fettsäuren in Verbindungen .....	202
16.2 Rechnen mit G .....	148	<b>25 Kohlenhydrate</b> .....	203
16.3 Chemische Reaktionen mit G .....	149	25.1 Monosaccharide .....	203
16.4 Fließgleichgewichte .....	149	25.2 Disaccharide .....	205
<b>17 Kinetik</b> .....	151	25.3 Polysaccharide .....	206
17.1 Geschwindigkeitskonstante k .....	151	<b>26 Nucleinsäuren</b> .....	207
17.2 Reaktionsgeschwindigkeit .....	151	26.1 Nucleinbasen .....	207
17.3 Reaktionsordnung .....	152	26.2 Nucleoside und Nucleotide .....	208
		26.3 Nucleinsäureketten .....	209
		<b>27 Formelsammlung Chemie</b> .....	211

## Lernplan Chemie

- Denkt daran, **abzuhaken**, was ihr schon geschafft habt – so erkennt ihr euren Lernfortschritt und bleibt motiviert!
- Mit der **Formelsammlung Chemie** (> Kap. 27) behaltet ihr beim Durcharbeiten dieses Kapitels stets den Überblick.
- Unsere Gliederung folgt nicht immer dem Themenkatalog, aber keine Sorge: **Alle wichtigen Stichworte sind enthalten**. Die folgende Tabelle zeigt euch, in welchem Kapitel sich das jeweilige Stichwort findet.

Chemie				
Buchkapitel	30-Tage-Lernplan	60-Tage-Lernplan	Erledigt?	Stichwort im Themenkatalog
10 Grundlagen des Atombaus	1	2	<input type="checkbox"/>	Atomkern, Elektronenhülle, Ordnungszahlen, Atommasse, Isotope
11 Periodensystem und Orbitalmodell	1	2	<input type="checkbox"/>	Elektronegativität, Periodensystem der Elemente
12 Chemische Bindung	1	2	<input type="checkbox"/>	ionische Bindung, kovalente Bindung, Stoffmenge, molare Masse
13 Intermolekulare Kräfte	1	2	<input type="checkbox"/>	Wasserstoffbrückenbindung, van-der-Waals-Bindungen, hydrophil/hydrophob, Löslichkeit
14 Aggregatzustände 15 Stoffumwandlungen	1	1	<input type="checkbox"/>	Temperatur*, Phasen und -übergänge, Stoffe, Gemische, Lösungen, Formelschreibweise, Stöchiometrie, Massenwirkungsgesetz und Gleichgewichte, Konzentrationen, Molarität, Osmolarität
16 Thermodynamik 17 Kinetik	1	1	<input type="checkbox"/>	exotherm/endothrm und exergon/endergon, Aktivierungsenergie, Katalysator, Reaktionsgeschwindigkeit
18 Säuren und Basen	1	3	<input type="checkbox"/>	Verdünnungen, pH-Wert, Henderson-Hasselbalch-Gleichung, Säuren/Basen nach Brönsted, Autoprotolyse/Ionenprodukt des Wassers, Säurestärke, häufig verwendete Säuren, Basen, Salze, Wasserhärte, Löslichkeitsprodukt, Puffer, Mesomerie
19 Redoxreaktionen	1	2	<input type="checkbox"/>	Redoxreaktionen, Oxidationszahlen, galvanisches Element, Spannungsreihe
20 Grundlagen der organischen Chemie	1	2	<input type="checkbox"/>	Kohlenstoff, Alkane, Alkene, Alkine, Aromaten (Benzol)
21 Funktionelle Gruppen	1	2	<input type="checkbox"/>	Alkohole, Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren, Ester
22 Stereochemie 23 Aminosäuren, Peptide und Proteine 24 Lipide	1	3	<input type="checkbox"/>	Isomerie, Proteine, Fette
25 Kohlenhydrate 26 Nucleinsäuren	1	2	<input type="checkbox"/>	Kohlenhydrate
<b>Lerntage gesamt Chemie</b>	<b>12</b>	<b>24</b>		

\* Stichwort bei der Physik im offiziellen Themenkatalog

## KAPITEL

## 10

## Grundlagen des Atombaus

Paul Windisch

Alle Materie besteht aus Atomen, von denen man früher dachte, dass sie unteilbar wären. Da dem allerdings nicht so ist, müsst ihr die drei Bestandteile eines Atoms kennen: das **Proton**, das **Neutron** und das **Elektron**. Obwohl es natürlich auch kleinere Elementarteilchen gibt, sind diese für dieses Buch (und das Physikum) nicht relevant.

## 10.1 Eigenschaften von Protonen, Elektronen und Neutronen

### 10.1.1 Masse

Wenn man nach der Masse eines derart kleinen Teilchens fragt, ist es normalerweise sinnlos, das Ergebnis in Gramm oder Kilogramm anzugeben, da dieses so klein sein würde, dass man sich darunter wenig vorstellen kann und es schwer sein wird, Teilchen untereinander zu vergleichen. Man nutzt deshalb einen Trick, der sich in den Naturwissenschaften großer Beliebtheit erfreut: Man gibt die Größe, um die es geht, in Relation zu einer bekannten Größe an (dies nennt man **relative Größe**).

Wenn man z. B. sagt, dass ein Passagierflugzeug beim Start ein Gewicht von bis zu 569.000 kg hat, würde man automatisch Bezugsgrößen suchen, um diese Zahl einordnen zu können (500 Kleinwagen, 150 Elefanten etc.).

**VERSTÄNDNIS+** Wie war das noch mal mit Gewicht und Masse? Ein Körper hat überall die gleiche **Masse**, egal ob auf der Erde, dem Mond oder sonst irgendwo im Weltall! Im Unterschied dazu variiert das **Gewicht**, je nachdem, wo man sich befindet (es handelt sich nämlich um die Kraft, die ein Feld, wie etwa das der Erde, auf den Körper ausübt). Die Einheit der **Masse** ist dabei **kg, g** etc., die des Gewichts bzw. der Gewichtskraft **Newton (N)**. Wenn ihr also ein „Gewicht“ in Kilogramm angebt, ist das streng genommen nicht korrekt. Mehr zu diesem Thema findet ihr in Lehrbüchern der Physik.

Die **relative Atommasse** funktioniert nach dem gleichen Prinzip. In Bezug auf welche Größe sie definiert ist, könnt ihr in umfangreicheren Lehrbüchern nachlesen ( $1/12$  der Masse eines Kohlenstoffatoms). Es ist aber nicht essenziell für den weiteren Verlauf dieses Buches. Da sie relativ zu einer anderen Größe ist, wird keine Einheit benötigt (man spricht von einer **dimensionslosen Größe**). Selbstverständlich kann die Masse eines Atoms auch als **absolute Größe** angegeben werden und hat dann eine Einheit wie etwa Gramm oder Kilogramm. Es gibt zudem eine Einheit, die ebenfalls im Bezug zu  $1/12$  der Masse eines Kohlenstoffatoms definiert ist, nämlich das **u** oder **Dalton**.

Ihr solltet auf jeden Fall wissen, dass **ein Proton und ein Neutron beide die relative Atommasse von etwa 1** haben, während **die Masse eines Elektrons deutlich kleiner** ist (nur ein Zweitausendstel davon).

**HAM-Nat-GEHEIMTIPP** Viele Studenten fragen sich, wie genau sie Zahlenwerte für den HAM-Nat auswendig lernen müssen. Eine pauschale Aussage darüber ist natürlich schwierig. Allerdings solltet ihr bedenken, dass gerade viele „kleine“ Zahlen, also etwa im zellulären Bereich, kontinuierlichen Diskussionen unterworfen sind, sodass es häufig sinnvoll ist, nur eine ungefähre Einordnung vornehmen zu können. Außerdem muss man im HAM-Nat Rechenaufgaben ohne Taschenrechner bewältigen und hat keine Zeit für gigantische Nebenrechnungen! Angaben, die ihr unbedingt kennen müsst, werden natürlich in diesem Buch hervorgehoben.

### 10.1.2 Ladung

Grundsätzlich müsst ihr wissen, dass Protonen positiv (+), Neutronen neutral und Elektronen negativ (–) geladen sind.

Die Größe der Ladung ist allerdings auch hier wieder problematisch. Die Einheit der Ladung ist eigentlich **Coulomb (C)**. Da die Ladung eines einzelnen Protons extrem klein ist, hätte man hier wieder das gleiche Problem wie schon bei den Massen. Man nutzt also den gleichen Trick und verwendet **relative Ladungen**. Ein **Proton** hat hier die Ladung **+1** und ein **Elektron** die Ladung **-1**. Man erkennt: Die Ladung von Elektron und Proton ist „gleich groß“, hat allerdings **unterschiedliche Vorzeichen**. **Folglich ziehen sich Elektronen und Protonen an**, während sie Neutronen weder abstoßen noch anziehen.

**VERSTÄNDNIS<sup>+</sup>** Was ist Ladung? Den Begriff Ladung kennt ihr aus dem Alltag. Tatsache ist, dass man Ladung schwer beschreiben kann. Man weiß allerdings:

1. Ladung ist eine Eigenschaft eines Körpers.
2. Es gibt zwei „Arten“ (man nennt sie **positiv und negativ**).
3. Ladungen können unterschiedlich groß sein (z. B.  $-3$  oder  $-7$ ).
4. Geladene Körper üben Kräfte aufeinander aus (**gleichnamige Ladungen stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an**).

## 10.2 Grundlagen zum Atom

Um eure Fantasie nicht zu sehr zu beanspruchen, stellt ihr euch das Atom am besten als Kugel vor. Allerdings ist diese **nicht gleichmäßig von Masse erfüllt**, sondern hat einen Kern und eine Hülle. Im Kern sitzen Protonen und Neutronen. Sie werden deshalb auch **Nukleonen**, also Kernteilchen, genannt. Da die Masse eines Protons bzw. eines Neutrons wesentlich größer ist als die eines Elektrons, ergibt sich daraus, dass sich **fast die gesamte Masse eines Atoms in seinem Kern konzentriert**. Da die Protonen positiv geladen und die Neutronen elektrisch neutral sind, ist der **Kern insgesamt positiv geladen**.

In der Hülle befinden sich die Elektronen. Die Elektronenhülle ist im Vergleich zum Kern riesig, während die Elektronen nur verschwindend klein/von geringer Masse sind. Daher ist die Hülle „fast leer“. Sie ist wegen der Elektronen negativ geladen, was erklärt, warum Hülle und Kern sich nicht (freiwillig) voneinander trennen ( > Abb. 10.1).

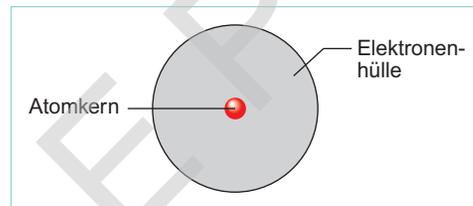


Abb. 10.1 Vereinfachtes Atom [L253]

Bei einem Atom **entspricht die Zahl der Elektronen normalerweise der der Protonen**. Das Atom insgesamt ist **also elektrisch neutral**. Hat das Atom aber aus irgendwelchen Gründen ein Elektron weniger, gibt es eine positive Ladung mehr als negative, sodass nun eine Nettoladung von  $+1$  vorliegt. Man spricht in diesem Fall von einem **geladenen Teilchen**, einem **Ion**.

Man kann also für ein Atom die Zahl der Protonen im Kern angeben. Diese entspricht auch der **Ladung des Kerns** (ein Proton hat die Ladung  $+1$ ) und auch der sogenannten **Ordnungszahl**. Die Anzahl der Protonen bestimmt nämlich, um was für eine Art Atom (**Element**) es sich handelt. So haben z. B. Sauerstoffatome immer 8 Protonen im Kern. Dabei ist es egal, ob sie Elektronen dazubekommen oder etwa Neutronen abgeben, wichtig sind nur die Protonen. Da man nach diesem Kriterium die Atome im **Periodensystem der Elemente** anordnet, ist die Bezeichnung Ordnungszahl naheliegend, aber dazu später mehr.

Die **Massenzahl** eines Atoms berechnet sich aus der **Anzahl von Neutronen und Protonen**. (Die Elektronen werden, da sie so leicht sind, ignoriert.) In der geläufigsten Darstellungsform findet ihr immer Ordnungs- und Massenzahl an einem Elementsymbol ( > Abb. 10.2).

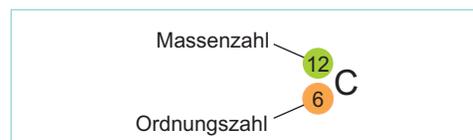


Abb. 10.2 Ordnungs- und Massezahl beim Kohlenstoff [L253]



# Mathematik

Paul Windisch, Deniz Tafrafi

<b>28</b>	<b>Brüche und Prozente</b> .....	227	<b>31</b>	<b>Geometrie</b> .....	241
28.1	Tipps zum Rechnen ohne Taschenrechner .....	227	31.1	Figuren (2D) .....	241
28.2	Bruchrechnung .....	227	31.2	Körper (3D) .....	244
<b>29</b>	<b>Einheiten und Gleichungen</b> .....	231	<b>32</b>	<b>Statistik und Stochastik</b> .....	249
29.1	Prozentrechnung .....	231	32.1	Mittelwerte .....	249
29.2	SI-Basiseinheiten .....	231	32.2	Normalverteilung, Glockenkurve und Standardabweichung .....	249
29.3	Vektoren .....	232	32.3	Messfehler .....	251
29.4	Präfixe .....	233	32.4	Stochastik .....	251
29.5	Lösen von Gleichungen .....	233	<b>33</b>	<b>Formelsammlung Mathematik</b> .....	253
<b>30</b>	<b>Potenzen, Logarithmen und Halbwertszeit</b> .....	237			
30.1	Potenzen .....	237			
30.2	Logarithmen .....	239			
30.3	Halbwertszeit .....	239			

## KAPITEL

## 29

## Einheiten und Gleichungen

Paul Windisch, Deniz Tafrali

Die Einheiten sind beim Lösen von Gleichungen eine gute Stütze, um das Ergebnis zu überprüfen. Zudem liefern sie oftmals wertvolle Hinweise, wenn man mal nicht weiterweiß.

Bevor wir uns ans Rechnen mit Einheiten machen, sollten wir zunächst ein paar grundlegende Dinge klären.

## 29.1 Prozentrechnung

Das Rechnen mit Prozenten kennt man aus dem Alltag, sodass es eigentlich kein großes Problem darstellen sollte. Um auf Nummer sicher zu gehen, gibt es nun aber noch mal ein paar Tipps.

In unserem Beispiel hier sollt ihr angeben, wie viel 27 % von 5321 sind.

- Zunächst einmal solltet ihr wissen, dass 25 % einem Viertel entsprechen. Dann könnt ihr 5321 durch 4 teilen und ihr bekommt schon einmal einen Näherungswert: rund 1330.
- Eine andere Methode, die bei jedem Wert funktioniert und das Wort „Prozent“, also „Hundertstel“, wörtlich nimmt, ist die folgende:  
27 % kann man auch als  $\frac{27}{100}$  schreiben.

Statt die 27 teilt ihr nun aber erst den Ausgangswert, also die 5321, durch 100. Da wir inzwischen allerdings Meister des Überschlagens sind, teilen wir lieber 5000 durch 100.  $5000/100 = 50$ .

Nun müssen wir das Ganze mit 27 multiplizieren:  $50 \times 27 = 1350$ . (Hätten wir ohne Überschlagen gerechnet, wäre das Ergebnis:  $5321 \times 0,27 = 1436,67$ .)

Mit ein bisschen Übung funktioniert diese Technik recht schnell. Zudem lässt sie sich auch für das Rechnen mit Promille (‰) verwenden. Dafür muss man im ersten Schritt allerdings durch 1000 statt durch 100 teilen.

- Wenn man es richtig eilig hat, sollte man die Brüche bzw. Dezimalzahlen zu den gängigsten Prozenten parat haben. Die wichtigsten sind in [Tab. 29.1](#) zusammengetragen.

Wenn ihr nun also angeben müsst, wie viel 33 % von einer Zahl sind, teilt ihr einfach durch drei (den Nenner des Bruchs) und spart euch den Umweg über die Hundertstel.

**Tab. 29.1** Wichtige Prozente und zugehörige Brüche/Dezimalzahlen

Prozent	Bruch	Dezimalzahl
100 %	1/1	1
75 %	$\frac{3}{4}$	0,75
50 %	$\frac{1}{2}$	0,5
33 %	$\frac{1}{3}$	0,33
20 %	$\frac{1}{5}$	0,2
12,5 %	$\frac{1}{8}$	0,125
10 %	1/10	0,1
5 %	1/20	0,05
1 %	1/100	0,01
0,1 % bzw. 1 ‰	1/1000	0,001

## 29.2 SI-Basiseinheiten

Für die Größe „Länge“ existieren viele Einheiten: Manche wie „Meter“ kennt mit Sicherheit jeder, während andere wie „Elle“ heute kaum noch geläufig sind. Daneben gibt es aber auch noch „Zoll“, „Fuß“ oder „Yard“.

**Tab. 29.2** SI-Basisgrößen und Basiseinheiten

Größe	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Stromstärke	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd

Um etwas Ordnung in dieses Chaos zu bringen, wurde das **Système International d'Unités (SI)** geschaffen. In diesem System gibt es Basisgrößen (natürlich mit zugehörigen Basiseinheiten), aus denen sich alle anderen Größen (und auch deren Einheiten) ableiten lassen (> Tab. 29.2).

Aber was ist mit Begriffen wie „Watt“, der Einheit der Leistung? Anstelle von Watt könnte man auch Joule pro Sekunde (J/s) schreiben. Und anstelle von Joule pro Sekunde kann man Watt (W) auch durch die drei Basiseinheiten kg, m und s darstellen:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ kg m}^2 / \text{s}^3$$

Aus den **Basiseinheiten** des SI-Systems lassen sich alle anderen Einheiten ableiten!

Ihr solltet die sieben Basisgrößen und Einheiten **auswendig** kennen. Zudem solltet ihr euch, wenn wir uns mit der Physik befassen, merken, wie eine geläufige Einheit (z. B. Watt, Joule etc.) durch die Basiseinheiten dargestellt werden kann. Das wird insbesondere beim Rechnen mit Einheiten sehr wichtig.

### 29.3 Vektoren

Ebenfalls erwähnenswert: Man unterscheidet Vektoren von Skalaren:

**DEFINITION** Als **Vektoren** bezeichnet man gerichtete Größen, die einen Betrag und eine Richtung haben. Der **Ortsvektor** eines Punktes ist ein Vektor vom Ursprung des Koordinatensystems zum Ort des besagten Punktes.

Will man die physikalische Größe einer **vektoriellen Größe** bestimmen, ist für sie, neben der Angabe des Zahlenwerts und der Einheit der Größe, auch noch die Angabe einer Richtung notwendig (z. B. der Impuls  $\vec{p}$ ).

**Skalare Größen** hingegen begnügen sich lediglich damit, über einen Zahlenwert und eine Einheit zu verfügen (z. B. die Masse  $m$  oder die Temperatur  $T$ ).

Zusammenfassend also:

- Skalare: Zahlenwert + Einheit
- Vektoren: Zahlenwert + Einheit + Richtung

**VERSTÄNDNIS+** Noch eine Sache zur **Vektoraddition**:

Vektoren werden grafisch als **Pfeile** dargestellt. Der **Betrag** des Vektors ist dabei stets seine Länge – egal ob der Zahlenwert positiv oder negativ ist. Die Vektoraddition erfolgt dadurch, dass man den Anfang eines Vektors ( $V_2$ ) an das Ende des anderen Vektors ( $V_1$ ) verschiebt, ohne dabei die Winkel der Vektoren (zueinander) zu verändern (> Abb. 29.1).

Der verschobene Vektor ( $V_2$ ) liegt also parallel zu seinem Ursprungsvektor (auch  $V_2$ ) am anderen Vektor ( $V_1$ ). Die Länge vom Anfangspunkt des ersten Vektors ( $V_1$ ) zum Endpunkt des verschobenen, zweiten Vektors ( $V_2$ ) ist die Summe der Vektoren.

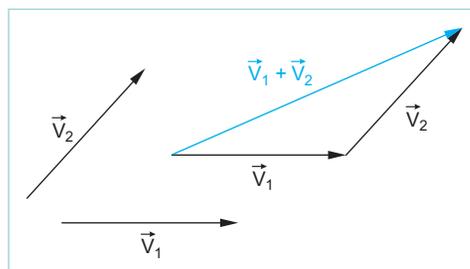


Abb. 29.1 Addition von Vektoren [L253]

## KAPITEL

## 33

Formelsammlung  
Mathematik

Paul Windisch

## Grundlagen

**Tab. 33.1** Operanden der Grundrechenarten

Rechenoperation	Operator	Operand(-en)	Ergebnis
Addition	+	Summand + Summand	Summe
Subtraktion	-	Minuend - Subtrahend	Differenz
Multiplikation	• oder × oder *	Faktor × Faktor	Produkt
Division	: oder ÷ oder /	Dividend/Divisor	Quotient

**Tab. 33.2** Prozentrechnung

Prozentwert	$W = \frac{p \times G}{100\%}$	p: Prozentsatz G: Grundwert
Prozentsatz	$p = \frac{(W \times 100\%)}{G}$ [p]: %	W: Prozentwert G: Grundwert
Grundwert	$G = \frac{(W \times 100\%)}{p}$	W: Prozentwert p: Prozentsatz

## Größen, Einheiten und Definitionen

**VERSTÄNDNIS\***

Auch wenn es im korrespondierenden Kapitel im Lernskript nicht so explizit thematisiert wurde, wollen wir uns hier auch mit dem Umrechnen von Zeiteinheiten und anderen nützlichen Umrechnungen befassen.

**Tab. 33.3** SI-Basisgrößen

SI-Basisgröße (Formelzeichen)	Einheit
Länge (l)	Meter (m)
Masse (m)	Kilogramm (kg)
Zeit (t)	Sekunde (s)
Stromstärke (I)	Ampere (A)
Temperatur (T)	Kelvin (K)
Stoffmenge (n)	Mol (mol)
Lichtstärke (IV)	Candela (cd)

**Tab. 33.4** Umrechnung von Zeiteinheiten

Zeit		Faktor zur Umrechnung in:				
		s	min	h	d	a
Sekunde (SI-Einheit)	s	1	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{3600}$	$\frac{1}{86400}$	$\frac{1}{31536000}$
Minute	min	60	1	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{1440}$	$\frac{1}{525600}$
Stunde	h	3600	60	1	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{8760}$
Tag	d	86400	1440	24	1	$\frac{1}{365}$
Jahr	a	31536000	525600	8760	365	1

**Tab. 33.5** Weitere nützliche Umrechnungen

Volumen	Liter (L): $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ ; $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$
Geschwindigkeit	$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 0,278 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ; $1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$
Winkel	Radian (rad): $1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,3^\circ$ ; $1^\circ = \frac{2\pi}{360^\circ} = 0,0175 \text{ rad}$ $1 \text{ Grad } (^\circ) = 60 \text{ Bogenminuten } (') = 3600 \text{ Bogensekunden } (")$
Dichte	$10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$
Temperatur	$T (\text{K}) = T (^\circ\text{C}) + 273$ ; $T (^\circ\text{C}) = T (\text{K}) - 273$

## Vektoren

**Tab. 33.6** Vektoren

Betrag eines Vektors	$\vec{a} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$ $ \vec{a}  = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}$
Addition von Vektoren	$\vec{V}_1 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}$ $\vec{V}_2 = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$ $\vec{V}_3 = \begin{pmatrix} a_1 + b_1 \\ a_2 + b_2 \\ a_3 + b_3 \end{pmatrix}$
Subtraktion von Vektoren	$\vec{V}_1 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}$ $\vec{V}_2 = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$ $\vec{V}_3 = \begin{pmatrix} a_1 - b_1 \\ a_2 - b_2 \\ a_3 - b_3 \end{pmatrix}$

# IV Physik

Paul Windisch

<b>34</b>	<b>Mechanik</b> .....	263	<b>37</b>	<b>Elektrizität</b> .....	281
34.1	Geschwindigkeit und Impuls .....	263	37.1	Begriffe und Größen .....	281
34.2	Beschleunigung .....	264	37.2	Stromkreis .....	283
34.3	Kraft .....	264	37.3	Magnetismus .....	286
34.4	Reibung .....	265	37.4	Wechselstrom .....	287
34.5	Drehmoment und Hebelgesetz .....	265	<b>38</b>	<b>Licht und andere Wellen</b> .....	289
34.6	Druck .....	266	38.1	Wellen .....	289
34.7	Kreisbewegung .....	266	38.2	Schall .....	290
34.8	Energie .....	268	38.3	Licht .....	290
34.9	Feder .....	270	<b>39</b>	<b>Optik</b> .....	293
34.10	Flaschenzug .....	270	39.1	Reflexion .....	293
<b>35</b>	<b>Flüssigkeiten</b> .....	273	39.2	Brechung .....	293
35.1	Grundbegriffe und Größen .....	273	39.3	Linse(n) .....	295
35.2	Hagen-Poiseuille-Gesetz .....	275	39.4	Auge .....	295
35.3	Hydrostatischer Druck .....	275	39.5	Lupe und Mikroskop .....	296
35.4	Auftrieb .....	275	<b>40</b>	<b>Ionisierende Strahlung</b> .....	297
<b>36</b>	<b>Thermodynamik und Gase</b> .....	277	40.1	Radioaktivität .....	297
36.1	Wärme .....	277	40.2	Aktivität und Halbwertszeit .....	298
36.2	Innere Energie und Hauptsätze der Thermodynamik .....	278	40.3	Dosis .....	298
36.3	Gase .....	279	<b>41</b>	<b>Formelsammlung Physik</b> .....	301

## KAPITEL

## 38

## Licht und andere Wellen

Paul Windisch

In der Optik geht nichts ohne Licht. Licht besitzt sowohl Eigenschaften von Wellen als auch von Teilchen. Man spricht vom **Welle-Teilchen-Dualismus**.

## 38.1 Wellen

Schwingt ein Gegenstand wie etwa ein Pendel um eine Ausgangs- oder Ruhelage, spricht man passenderweise von einer **Schwingung**. Lässt sich der Graph der Schwingung mit einer Sinusfunktion beschreiben, spricht man von einer **harmonischen Schwingung**.

**DEFINITION** Schwingungen, die sich im Raum ausbreiten können, bezeichnet man als **Welle**.

Wir können Wellen in zwei wichtige Gruppen einteilen (> Abb. 38.1):

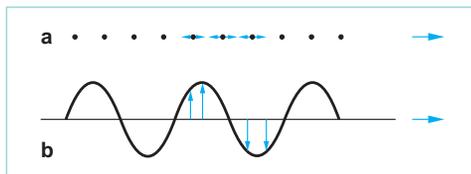


Abb. 38.1 Longitudinal- (a) und Transversalwellen (b) [L253]

**Transversalwellen** Bei den Transversalwellen steht die **Ausbreitungsrichtung der Welle senkrecht zur Schwingungsrichtung**. Als Beispiel wird gerne das Licht genannt. Zur Veranschaulichung verwenden wir an dieser Stelle die La-Ola-Welle: Bei einer La-Ola-Welle schwingen die Arme von unten nach oben bzw. umgekehrt, während sich die Welle in der Horizontalen, also von einem Zuschauer zum nächsten, ausbreitet.

**Longitudinalwellen** Das wahrscheinlich wichtigste Beispiel für Longitudinalwellen ist die Schallausbreitung in Gasen (wie der Luft). Angenommen, wir stehen an Silvester neben einem explodierenden Böller, dann drückt die Explosion die Moleküle in ihrer unmittelbaren Umgebung von sich weg und versetzt sie dadurch in Schwingung. Diese Teilchen stoßen nun immer weitere Teilchen an, bis irgendwann unser Ohr erreicht ist, mit dem wir die durch die Schwingungen entstehenden Druckänderungen wahrnehmen. Die Longitudinalwelle **schwingt also in Ausbreitungsrichtung**.

Neben dieser Unterteilung ist es wichtig zu wissen, mit welcher Geschwindigkeit sich eine Welle ausbreitet. Die **Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$**  ist das Produkt aus der **Wellenlänge  $\lambda$**  und der **Frequenz  $f$**  der Welle und hat – wie andere Geschwindigkeiten auch – die Einheit m/s.

$$c = f \times \lambda$$

$$[c] = [f] \times [\lambda] = \text{s}^{-1} \times \text{m} = \text{m/s}$$

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle hängt immer vom Medium ab, in dem sich die Welle befindet. Geht ein Lichtstrahl von Luft in Wasser über, ändert sich dabei seine Ausbreitungsgeschwindigkeit (sie sinkt), was durch eine **Änderung der Wellenlänge** hervorgerufen wird. Die Frequenz ändert sich nicht.

In der Realität bestehen Schwingungen natürlich nicht ewig. Reibung und andere Effekte sorgen dafür, dass sich die Amplitude immer weiter abschwächt, bis gar keine Auslenkung aus der Ruhelage mehr zu erkennen ist. Man spricht von **gedämpften Schwingungen**.

Übrigens: Treffen zwei Wellen so aufeinander, dass ein Maximum auf ein Maximum trifft und sich die Wellen verstärken, handelt es sich um **konstruktive Interferenz**. Trifft ein Tal auf ein Maximum, sodass sich die Wellen auslöschen, handelt es sich um **destruktive Interferenz**. Eine **stehende Welle** entsteht, wenn sich zwei ansonsten gleiche Wellen genau entgegengesetzt bewegen.

### 38.2 Schall

Die Eigenschaften von Schallwellen können wir wahrnehmen: Die Amplitude bestimmt den Schalldruck  $p$ , der auf unser Ohr einwirkt und damit die Lautstärke, wohingegen die Frequenz als Tonhöhe wahrgenommen wird. Wir können wie bei der Stromstärke den effektiven Schalldruck bestimmen, indem wir den maximalen Druck durch die Wurzel aus zwei dividieren.

Aus dem Schalldruck können wir den Schalldruckpegel  $L_p$  berechnen. Während die Herleitung mit Sicherheit interessant ist, liefert aber v. a. das Wissen über die Definition dieser Größe die Punkte. Der Schalldruckpegel hat übrigens eine Einheit, die wir aus dem Alltag kennen: Dezibel (dB).

$$L_p = 20 \times \log(p_{\text{eff}} / p_0)$$

Wir vergleichen bei dieser Formel den effektiven Schalldruck mit einem immer gleichen Bezugswert  $p_0$ . Dieser liegt bei  $2 \times 10^{-5}$  Pa. Die Tatsache, dass wir einen Logarithmus verwenden, führt zu einigen interessanten Phänomenen, u. a. dass effektive Schalldrücke, die kleiner als der Bezugsdruck sind, negative dB-Werte haben können. Spielt ein bisschen mit der Gleichung und findet heraus, wie sich Änderungen des Schalldrucks auf den Schalldruckpegel auswirken – das ist zudem eine gute Gelegenheit, das Rechnen mit Logarithmen zu üben!

### 38.3 Licht

Beim Licht handelt es sich (zumindest teilweise) um eine Welle, genauer gesagt eine **elektromagnetische Welle**, die trotzdem auch Eigenschaften von Teilchen aufweist (**Welle-Teilchen-Dualismus**). Die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Vakuum, also die **Vakuumllichtgeschwindigkeit**, sollte man kennen. Sie liegt bei  $3 \times 10^8$  m/s bzw. **300.000 km/s**. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Luft nur geringfügig langsamer ist, könnt ihr dafür denselben Wert verwenden. Wenn man sich mit der Energieübertragung von Licht befasst, hebt man i. d. R. die Teilchenqualitäten des Lichts hervor und spricht von kleinen Energieportionen, die **Photonen** genannt werden.

Licht hat nicht eine Wellenlänge, sondern besteht aus vielen unterschiedlichen Wellen mit **unterschiedlichen Wellenlängen** (> Tab. 38.1), von denen wir nur einen kleinen Teil (ca. **400–700 nm**) als **sichtbares Licht** wahrnehmen können (> Abb. 38.2). Übrigens: Wie können wir von der Wellenlänge auf die Frequenz schließen? Indem wir die Formel zur Berechnung der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts umstellen!

Farbe	Wellenbereich
Rot	670 nm
Gelb	600 nm
Grün	520 nm
Blau	450 nm
Violett	420 nm

Am Licht kann man ebenfalls sehr gut das Huygens'sche Prinzip demonstrieren, das besagt, dass jeder Punkt einer sich ausbreitenden Wellenfront der Ursprung einer neuen Welle (sogenannter Elementarwellen) ist. Warum sonst könnte Licht (zumindest ein bisschen) „um die Ecke leuchten“? Dieses Phänomen nennt man Beugung.

## KAPITEL

## 41

Formelsammlung  
Physik

Paul Windisch

## Klassische Mechanik

Tab. 41.1 Translationsbewegungen		
<b>Geschwindigkeit</b>	$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ [v]: m/s	$\Delta s$ : Änderung der Strecke $\Delta t$ : Änderung der Zeit Wird eine große Strecke in kurzer Zeit zurückgelegt, ist die Geschwindigkeit hoch.
<b>Beschleunigung</b>	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ [a]: m/s <sup>2</sup>	$\Delta v$ : Änderung der Geschwindigkeit $\Delta t$ : Änderung der Zeit Ändert sich die Geschwindigkeit in kurzer Zeit stark, ist die Beschleunigung hoch.
<b>Endgeschwindigkeit bei konstanter Beschleunigung</b>	$v = v_0 + a \times t$ [v]: m/s	$v_0$ : Ausgangsgeschwindigkeit $a$ : Beschleunigung $t$ : Zeitraum, über den beschleunigt wird Hohe Ausgangsgeschwindigkeit und starke Beschleunigung über langen Zeitraum → hohe Geschwindigkeit

Tab. 41.2 Kräfte		
<b>Kraft</b>	$F = m \times a$ [F]: N = kg × $\frac{m}{s^2}$	$m$ : Masse $a$ : Beschleunigung Um einen schweren Körper stark zu beschleunigen, muss viel Kraft aufgewendet werden.
<b>Gravitationskraft der Erde (Schwerkraft)</b>	$F_G = m \times g$ [F <sub>G</sub> ]: N = kg × $\frac{m}{s^2}$	$m$ : Masse des beschleunigten Körpers $g$ : Ortsfaktor/Fallbeschleunigung (auf der Erde 9,81 m/s <sup>2</sup> )
<b>Gravitation allgemein</b>	$F_G = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$ [F <sub>G</sub> ]: N = kg × $\frac{m}{s^2}$	$G$ : Gravitationskonstante (6,7 n×m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup> ) $m_1$ : Masse von Körper 1 $m_2$ : Masse von Körper 2 $r$ : Abstand der beiden Körper voneinander Wenn zwei sehr schwere Körper sehr nah beieinander sind, üben sie starke Gravitationskräfte aufeinander aus.

Tab. 41.3 Reibung		
<b>Reibung (Festkörper)</b>	$F_R = \mu \times F_N$ [F <sub>R</sub> ]: N = kg × $\frac{m}{s^2}$	$\mu$ : Reibungskoeffizient (abhängig von Materialien) $F_N$ : Normalkraft (Kraftkomponente, die Körper senkrecht auf Unterlage drückt). In der Horizontalen entspricht die Normalkraft der Gewichtskraft.

Tab. 41.4 Rotationsbewegungen		
<b>Bahngeschwindigkeit</b>	$v = \omega \times r$ [v]: m/s	$\omega$ : Winkelgeschwindigkeit in rad/s $r$ : Radius Objekte, die sich weit entfernt vom Zentrum einer Rotation bewegen, haben eine höhere Bahngeschwindigkeit.
<b>Winkelgeschwindigkeit</b>	$\omega = 2\pi/T = 2\pi \times f$ [ $\omega$ ]: rad/s	$T$ : Periodendauer (Dauer eines Umlaufs) $f$ : Frequenz (Anzahl der Umläufe pro Sekunde)
<b>Zentripetalkraft</b>	$F_{Zp} = m \times r \times \omega^2$ [ $F_{Zp}$ ]: N = $\text{kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$m$ : Masse des Objekts $r$ : Radius $\omega$ : Winkelgeschwindigkeit in rad/s Wenn sich ein schweres Objekt weit entfernt vom Zentrum einer Rotation mit hoher Winkelgeschwindigkeit bewegt, erfährt es eine hohe Zentripetalkraft.
<b>Drehmoment</b>	$M = F \times l$ [M]: N $\times$ m = $\text{kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$	$F$ : Kraft, die am Hebelarm ansetzt $l$ : Länge des Hebelarms Wenn wir mit viel Kraft und einem langen Hebelarm arbeiten, erzeugen wir ein hohes Drehmoment. Beispiel: Eine Brechstange.
<b>Hebelgesetz</b>	$M_{\text{ges}} = M_1 + M_2 + M_3, \dots$ [ $M_{\text{ges}}$ ]: N $\times$ m = $\text{kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$	Das Gesamtdrehmoment am Drehpunkt berechnet sich aus der Summe aller angreifenden Drehmomente.

**VERSTÄNDNIS\*** Drehmomente, die in verschiedene Richtungen zeigen, müssen natürlich unterschiedliche Vorzeichen haben.

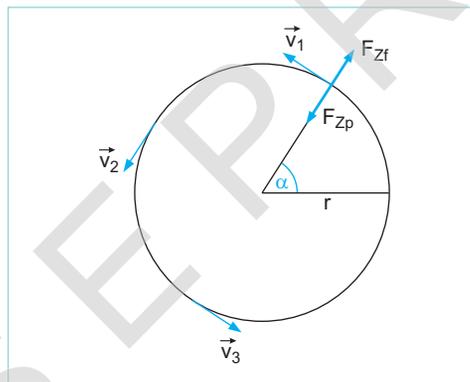


Abb. 41.1 Kreisbewegung, Zentripetalkraft ( $F_{Zp}$ ) und Zentrifugalkraft ( $F_{Zf}$ ) [L253]

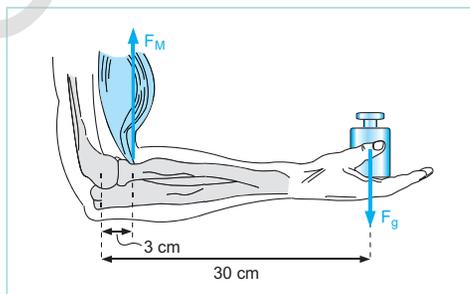


Abb. 41.2 Einarmiger Hebel am Beispiel des Unterarms. Bizeps und Gewicht erzeugen unterschiedliche Drehmomente [L253]

Tab. 41.5 Energie, Arbeit, Leistung und Impuls		
<b>Arbeit</b>	$W = F \times s$ [W]: J = N $\times$ m = $\text{kg} \times \text{m}^2/\text{s}^2$	$F$ : Kraft $s$ : Bewegte Strecke Logisch: Wenn man einen Gegenstand unter Aufwendung von viel Kraft über eine weite Strecke bewegt, verrichtet man viel Arbeit.
<b>Leistung</b>	$P = \Delta W/\Delta t$ [P]: W = J/s = $\text{kg} \times \text{m}^2/\text{s}^3$	$W$ : Verrichtete Arbeit $t$ : Zeit, in der die Arbeit verrichtet wurde Wenn viel Arbeit in geringer Zeit verrichtet wird, erbringt man eine hohe Leistung.

## Dein Medizinstudium ist unsere Mission!

Du willst unbedingt Medizin studieren und bereitest dich auf den Hamburger Naturwissenschaftstest, kurz HAM-Nat, vor? Wir überlassen deine Zulassung zum Traumstudienplatz nicht dem Zufall. Deine Mission beginnt hier und jetzt mit diesem Lernskript, das dir den gesamten Stoff verständlich und informativ vermittelt – basierend auf den Stichwörtern des offiziellen Themenkatalogs.

Zusätzlich erhältst du zahlreiche Tipps, kreative Merksprüche, Eselsbrücken, hochwertige Abbildungen und effektive Lernpläne.

### Unsere Highlights:

- Keine Sorge, auch wenn du in dem einen oder anderen Fach kein Abitur gemacht hast: **Wir erklären den Stoff in den Fächern Biologie, Chemie, Physik und Mathematik** so, dass du ihn leicht nachvollziehen kannst.
- **Alle Stichwörter des offiziellen HAM-Nat-Themenkatalogs** sind enthalten, exakt den Kapiteln zugeordnet und in den Lernplänen aufgeführt. So verpasst du kein Prüfungsthema!
- **Optimierte Lernpläne:** Wähle zwischen einem 30- oder einem 60-Tage-Plan, abhängig von deiner verfügbaren Zeit.
- **Motivierende Erfahrungsberichte** von Studierenden beleuchten unterschiedliche Wege zum Studienplatz und bieten Insider-Tipps zu Medizinertests sowie zu den ersten Wochen im Medizinstudium.

### Neu in der 3. Auflage:

- Schlage nach im umfassenden **Biologie-Glossar**
- Behalte den Überblick dank **Formelsammlungen** für Chemie, Mathematik und Physik
- Steigere deine Lerneffizienz mit optimierten, noch übersichtlicheren **Lernplänen**

### Das Kompendium eignet sich für:

Schüler und Schülerinnen, die zum HAM-Nat antreten

## HAM-Nat - Lernskript für den Hamburger Naturwissenschaftstest

Windisch, Paul Yannick (Autor), Tafrali, Deniz (Autor)

3. Aufl. 2025. 328 Seiten

ISBN 9783437413643



ELSEVIER

elsevier.de