



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Chemieberufe

Fachwissen Biologie und Biotechnik

Sebastian Hepp
Eva Kaufmann

Claus-Dieter Paul
Alexander Rotthues

Christina Schultheis
Sarah Sophia Wehrheim

5. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 70951

Autoren:

Dr. Sebastian Hepp, M.Sc. Chemie, Studienrat
Dr. Eva Kaufmann, Dipl.-Biologin, Oberstudiendirektorin
Claus-Dieter Paul, Dipl.-Biologe, Oberstudienrat
Dr. Alexander Rotthues, Dipl.-Biotechnologe, Studiendirektor
Dr. Christina Schultheis, Dipl.-Biologin, Oberstudienrätin
Sarah Sophia Wehrheim, M.Sc. Biochemie, Studienrätin

Bischofsheim
Oberursel
Frankfurt am Main
Eppstein/Taunus
Frankfurt am Main
Bad Homburg

Lektorat:

Claus-Dieter Paul, Dipl.-Biologe, Oberstudienrat

Frankfurt am Main

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern
Design-Studio Wiegand, Hamburg

5. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-7691-1

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an produktsicherheit@europa-lehrmittel.de

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, Radevormwald unter Verwendung der Fotos von
© Satirus – shutterstock.com und © ktsdesign – stock.adobe.com

Druck: LD Medienhaus GmbH & Co. KG, 48268 Greven, www.ld-medienhaus.de

Vorwort zur 5. Auflage

Die Bedeutung der Biologie nimmt stetig zu, insbesondere seitdem es durch die moderne Biotechnik und Gentechnik gelingt, die vielfältigen Leistungen von Mikroorganismen, pflanzlichen und tierischen Zellen im Rahmen technischer Verfahren zum Vorteil für den Menschen zu nutzen. So sind Ernährung, Gesundheit, Landwirtschaft, Chemikalienproduktion, Energieversorgung und Umweltschutz zentrale Anwendungsschwerpunkte biotechnischer Verfahren.

Die aktualisierte, erweiterte (und korrigierte) 5. Auflage von „**Fachwissen Biologie und Biotechnik**“ unterstützt als fachsystematisches Nachschlagewerk und Arbeitsbuch für die Ausbildungsberufe im Berufsfeld Chemie, Physik, Biologie die Lernfelder in den bundesweiten Rahmenlehrplänen, die sich mit **mikrobiologischen Arbeitstechniken** und **biotechnischer Produktion** befassen. Gleichzeitig gibt es durch die Einbeziehung der Grundlagen der Biologie und Ökologie einen Gesamtüberblick über das Fachgebiet. Das Buch kann unterrichtsbegleitend in der Berufsschule und der betrieblichen Aus- und Fortbildung eingesetzt werden und eignet sich bevorzugt für **Chemikanten, Pharmakanten, Produktionsfachkräfte Chemie, Biologielaboranten, Chemielaboranten, Lacklaboranten, Physiklaboranten** sowie **Industriemeister Chemie und Pharmazie**.

Darüber hinaus ist das Buch in der Fachschule für Technik, Fachrichtung Chemie- und Biotechnik, in der Berufsfachschule für biologisch-technische Assistenz, im beruflichen Gymnasium Biotechnologie und der gymnasialen Oberstufe ebenso einsetzbar wie für Fachkräfte für Kreislauf- und Abfallwirtschaft sowie für Studierende an den Hochschulen, wo es die Vorlesungen und Übungen der entsprechenden Studiengänge unterstützt. Da biotechnische Verfahren eine zunehmende Bedeutung haben, wird auch der bereits im Berufsleben stehende Praktiker in diesem Buch nützliche Hinweise finden, die ihm bei der Einarbeitung in das entsprechende Arbeitsgebiet helfen können. Das Buch „**Fachwissen Biologie und Biotechnik**“ ist wie folgt gegliedert:

- **Grundlagen der Biologie.** Ausgehend von den Biomolekülen und der Zelle mit ihren Funktionen wird der Zusammenhang zwischen Organisation und Funktion lebendiger Systeme erläutert.
- **Mikrobiologie.** Nach den Erscheinungsformen und Eigenschaften von Mikroorganismen wird deren Rolle im Gesamtökosystem ebenso behandelt wie ihre Bedeutung für den Menschen, insbesondere ihr Einsatz im Rahmen biotechnischer Verfahren und der Gentechnik.
- **Biotechnik.** Schwerpunkte sind die Grundlagen der Gentechnik, der Umgang und die Kultivierung von Mikroorganismen und Zellen, Bioreaktoren, biotechnische Produktionsprozesse sowie ausgewählte Anwendungen der Biotechnik.
- **Ökologie.** Die vielfältigen Beziehungen der Lebewesen zu ihrer Umwelt werden ebenso behandelt wie umweltbelastende Eingriffe des Menschen. Vorschriften auf dem Gebiet des Umweltschutzes und Maßnahmen des Umwelt- und Arbeitsschutzes ergänzen diesen Abschnitt.

In einem **Vertiefungsteil** werden zu ausgewählten Inhalten ergänzend und vertiefend Themen behandelt, die den Praxisbezug zu den entsprechenden Ausbildungsberufen herstellen. Der Abschnitt **Überprüfen von Kenntnissen** dient zum Wiederholen und Festigen des Gelernten. Bei den Formulierungen der Fragen wurde bewusst eine Taxonomie verwendet, die für die Kenntnisziele unterschiedliche Schwierigkeitsgrade vorsieht.

Um das Arbeiten mit dem Buch zu erleichtern, wurden zusammengehörende Kapitel möglichst auf einer Seite bzw. einer Doppelseite untergebracht. Querverweise im Text weisen auf Zusammenhänge hin. Wichtige Sachverhalte sind als Merksätze hervorgehoben. Die Verwendung der Fachsprache ist auf das notwendige Maß beschränkt. Im Hinblick auf den zeitlichen Rahmen für den Unterricht wurde bei einigen Lernzielen erheblich didaktisch reduziert. Dafür sind die Bereiche betont, die beispielhaft biotechnische Verfahren als moderne Technologie ausweisen, die bei der Bewältigung drängender Probleme der Menschheit erfolgreich eingesetzt werden können.

Allen Nutzern dieses Buches wünschen wir einen erfolgreichen Einstieg in die Grundlagen von Biologie und moderner Biotechnik. Hinweise, die zur Verbesserung und Weiterentwicklung des Buches beitragen, erbitten wir unter der Verlagsadresse oder per E-Mail (lektorat@europa-lehrmittel.de).

I Grundlagen der Biologie

1 Eigenschaften und Merkmale lebendiger Systeme

1.1	Kennzeichen des Lebens	7
1.2	Elemente des Lebens	8
1.2.1	Proteine (Eiweißstoffe)	9
1.2.2	Enzyme (katalytische Proteine)	12
1.2.3	Nukleinsäure DNA	14
1.2.4	Nukleinsäure RNA	16
1.2.5	Kohlenhydrate	16
1.2.6	Lipide (Fette)	18

2 Zusammenhang zwischen Bau und Funktion von Zellen

2.1	Prozyten und Euzyten	19
2.2	Aufbau von Zellen	19
2.2.1	Zellplasma	19
2.2.2	Biomembranen	20
2.2.3	Zellorganellen	22
2.2.4	Chromatin und Chromosomen	27
2.3	Zellteilung	30
2.4	Veränderungen des Erbgutes (Mutationen)	32

3 Stoffwechselvorgänge in Zellen

3.1	Stoffwechseldefinition	36
3.2	ATP und ADP	37
3.3	Fotosynthese	38
3.4	Biologische Oxidation	40
3.5	Alkoholische Gärung	41
3.6	Proteinbiosynthese	42

4 Systematik der Lebewesen

4.1	Systematische Einheiten	44
4.2	Stammbäume der Lebewesen	45

II Mikrobiologie

1 Erscheinungsformen und Eigenschaften von Mikroorganismen

1.1	Lebewesen des mikrobiologischen Bereichs	47
1.2	Eigenschaften der Mikroorganismen	48
1.2.1	Natürliche Vorkommen und Verbreitung	48
1.2.2	Äußere Gestalt und Größenverhältnisse von Mikroorganismen	50
1.2.3	Bakterien – Bau und Lebensweise	53
1.2.4	Pilze – Bau und Lebensweise	59
1.2.5	Viren – Bau und Lebensweise	63

2 Bedeutung der Mikroorganismen

2.1	Bedeutung der Mikroorganismen für das Leben auf der Erde	66
2.2	Bedeutung der Mikroorganismen für den Menschen	68
2.2.1	Mikroorganismen als Krankheitserreger	68
2.2.2	Mikroorganismen als Lebensmittelverderber	71
2.2.3	Mikroorganismen als Verursacher von Korrosion	72

III Biotechnik

1 Biotechnik und Gentechnik

1.1	Geschichte der Biotechnik und Gentechnik	76
1.2	Vorteile biotechnischer Verfahren	78

2 Biotechnisch wichtige Mikroorganismen und Zellen

2.1	Produktionsorganismen in der Biotechnik	80
-----	---	----

2.2	Gentechnik – Erzeugung gentechnisch veränderter Organismen zur Nutzung in biotechnischen Verfahren	82
2.2.1	Gentechnik – Überblick	82
2.2.2	Nukleinsäureisolierung	84
2.2.3	Nukleinsäuredetektion	86
2.2.4	Polymerasekettenreaktion PCR	88
2.2.5	DNA Banken	90
2.2.6	DNA-Sequenzierung	93
2.2.7	Klonierung	94
2.2.8	Gentechnikgesetz	98

3 Umgang mit biotechnisch wichtigen Mikroorganismen und Zellen

3.1	Mikroorganismen und Zellen als biologische Arbeitsstoffe	100
3.2	Grundregeln guter mikrobiologischer Technik	102
3.3	Schutz- und Sicherheitsstufen im Labor und in der Produktion	104
3.4	Sterilisation und Desinfektion	105
3.5	Sterilisationsverfahren	106
3.5.1	Feuchte Hitze	106
3.5.2	Trockene Hitze	108
3.5.3	Gase	108
3.5.4	Ionisierende Strahlung	109
3.5.5	Sterilfiltration	109
3.6	Desinfektionsverfahren	112
3.6.1	Physikalische Desinfektionsverfahren	112
3.6.2	Chemische Desinfektionsmittel und Desinfektionsverfahren	112
3.7	Entsorgung von biologisch kontaminiertem Material	114
3.8	Biotechnische Labore	116
3.9	Stammhaltung und Konservierung von Mikroorganismen und Zellen	119

4 Kultivierung biotechnisch wichtiger Mikroorganismen und Zellen

4.1	Einflussfaktoren für Wachstum und Vermehrung	122
4.1.1	Nährmedium	123
4.1.2	Temperatur	126
4.1.3	pH-Wert	126
4.1.4	Sauerstoff	127
4.2	Wachstumsgeschwindigkeit	128
4.3	Wachstumsphasen und Wachstumsgeschwindigkeit im flüssigen Nährmedium	130
4.4	Wachstum auf festem Nährmedium	132

5 Bioreaktoren

5.1	Bioreaktoren – Aufgaben und Anforderungen	135
5.2	Rührkessel-Bioreaktoren	136
5.3	Aufbau eines Rührkessel-Bioreaktors	136
5.3.1	Komponenten eines Rührkessel-Bioreaktors	137
5.3.2	Komponenten zur Erhaltung der Bioreaktoranlagensterilität	140
5.3.3	Werkstoffe	142
5.4	Betrieb eines Rührkessel-Bioreaktors	144
5.4.1	Reinigung und Sterilisation	144
5.4.2	Durchmischung und Begasung	148
5.4.3	Schaum und Schaumbekämpfung	152
5.5	Prozesskontrolle in einem Rührkessel-Bioreaktor	154
5.5.1	Messgrößen im Bioreaktor	155
5.5.2	Regeln von Messgrößen im Bioreaktor	162
5.6	Nicht-geführte Bioreaktoren	166

5.6.1	Einwegbioreaktoren	166	3.1.4	Weltweite Probleme durch Luftbelastungen	254
5.6.2	Geschüttelte Bioreaktoren	168	3.1.5	Räumlich begrenzte Probleme durch Luftbelastungen	256
5.6.3	Blasensäulen-Bioreaktor und Airlift-Schlaufenbioreaktor	169	3.2	Bodenbelastungen	258
5.6.4	Festbett-Bioreaktor und Fließbett-Bioreaktor	170	3.2.1	Allgemeine Bodenbelastungen (ausgewählte Beispiele)	258
5.6.5	Membran-Bioreaktoren	171	3.2.2	Bodenbelastungen durch die Landwirtschaft	258
6	Biotechnische Produktionsprozesse	172	3.2.3	Bodenbelastungen durch Abfälle	261
6.1	Schema eines biotechnischen Produktionsprozesses	173	3.3	Wasserbelastungen	262
6.2	Vorbereitung des Ausgangsmaterials (Upstream-Processing)	174	3.3.1	Natürliche Gewässerbelastungen und Trinkwassergewinnung	262
6.2.1	Nährmedienzubereitung	174	3.3.2	Natürliche Selbstreinigung der Gewässer	263
6.2.2	Sterilisation der Bioreaktoranlage und des Nährmediums	174	3.3.3	Gewässerbelastungen durch die Tätigkeit des Menschen	264
6.2.3	Impfgutanzucht (Inokulumherstellung)	175	4	Umgang mit Umweltbelastungen	266
6.3	Fermentation (Stoffumwandlung)	176	4.1	Umweltschutz	266
6.3.1	Diskontinuierliche Prozessführung bei der Fermentation	176	4.2	Vorschriften im Rahmen des Umweltschutzes	267
6.3.2	Kontinuierliche Prozessführung bei der Fermentation	179	4.3	Umweltschutz und Arbeitsschutz	268
6.4	Aufarbeitung (Downstream-Processing)	180	4.4	Produktionsintegrierter Umweltschutz	270
6.4.1	Zellabtrennung	182	4.5	Vermindern von Umweltbelastungen am Beispiel des Rheins	271
6.4.2	Zellaufschluss	188	V	Vertiefungsteil	
6.4.3	Produktanreicherung	190	1	Vertiefung Biologie	272
6.4.4	Produktreinigung und Produktkonfektionierung	192	1.1	Proteine und Ernährung	272
7	Anwendungsschwerpunkte der Biotechnik	198	1.2	Enzymklassen	273
7.1	Weiße Biotechnik	198	1.3	Enzymkinetik	274
7.1.1	Biotechnik in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie	198	1.4	Kinetische Charakterisierung von Enzymen (Assays)	276
7.1.2	Biotechnik in der chemischen Industrie	203	1.5	Das Immunsystem im Überblick	278
7.2	Graue Biotechnik	217	1.6	Antikörper	280
7.2.1	Biologische Bodensanierung	217	1.7	Monoklonale Antikörper	281
7.2.2	Biologische Abluftreinigung	218	1.8	Bedeutung des Immunsystems in der medizinischen Therapie	282
7.2.3	Biologische Abwasserreinigung	220	1.9	Immunologische Testverfahren	284
7.3	Rote Biotechnik	225	1.10	Mikroskope zur Untersuchung biologischer Strukturen	286
7.3.1	Biopharmazeutika	225	1.11	Aufbau von Pflanzenzellen	288
7.3.2	Impfstoffe	230	2	Vertiefung Biotechnik	290
7.4	Grüne Biotechnik	233	2.1	Genome-Editing: CRISPR/Cas	290
7.4.1	Biomasse- und Inhaltsstoffproduktion	233	2.2	Nukleinsäureisolierung von genomischer DNA	294
IV	Ökologie		2.3	Vertiefung Sterilisationsverfahren	295
1	Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen und Umwelt	236	2.4	Nachweis von Mikroorganismen mit der Agarplatte	298
1.1	Grundbegriffe der Ökologie	237	2.5	Biotechnischer Produktionsprozess am Beispiel Humaninsulin	300
1.2	Abiotische Umweltfaktoren	239	3	Vertiefung Ökologie	303
1.2.1	Klima	239	3.1	Beurteilung von Gewässerbelastungen	303
1.2.2	Boden	243	VI	Überprüfen von Kenntnissen	
1.3	Biotische Umweltfaktoren	244	1	Grundlagen der Biologie	306
2	Nahrungsbeziehungen und Stoffproduktion in Ökosystemen	246	2	Mikrobiologie	309
2.1	Produzenten, Konsumenten und Destruenten	246	3	Biotechnik	310
2.2	Nahrungsketten	247	4	Ökologie	317
2.3	Stoffkreisläufe	248	5	Vertiefungsteil	320
2.3.1	Kreisläufe von Kohlenstoff und Sauerstoff	248		Vertiefung Biologie	320
2.3.2	Stickstoffkreislauf	248		Vertiefung Biotechnik	321
3	Eingriffe des Menschen in Ökosysteme	250		Vertiefung Ökologie	321
3.1	Luftbelastungen	250		Sachwortverzeichnis	322
3.1.1	Gasförmige Luftschadstoffe (ausgewählte Beispiele)	251		Danksagung und Bildquellen	345
3.1.2	Dampfförmige Luftschadstoffe (ausgewählte Beispiele)	252			
3.1.3	Stäube und Aerosole als Luftschadstoffe (ausgewählte Beispiele)	253			

I Grundlagen der Biologie



1 Eigenschaften und Merkmale lebendiger Systeme

Die Biologie untersucht als Teil der Naturwissenschaften die vielfältigen Erscheinungen der Lebensformen und Lebensprozesse wie Organisation und Funktion. Dabei wird deutlich, dass die Naturgesetze der Physik und Chemie die Grundlage aller biologischen Erscheinungen bilden.

1.1 Kennzeichen des Lebens

Das Leben auf der Erde ist knapp eine Milliarde Jahre jünger als die Erde selbst, denn vor mehr als dreieinhalb Milliarden Jahren begann die Entwicklung der ersten Lebensformen aus der unbelebten Materie. Wenn auch noch viele Einzelheiten dieser Entwicklung unbekannt sind und die Übergänge zwischen unbelebter Materie und den ersten Lebensformen sicherlich fließend waren, sind heute die Unterschiede offensichtlich.

► **Kennzeichen des Lebens (Bild 1).** Lebewesen (Organismen) grenzen sich hauptsächlich durch die Summe folgender Merkmale von der unbelebten Materie ab:

- **Lebewesen sind aus organischen Molekülen aufgebaut.** Dabei stehen folgende organische Moleküle als sogenannte Biomoleküle im Vordergrund: Eiweißstoffe, Nukleinsäuren, Kohlenhydrate und Fette.
- **Lebewesen bestehen aus Zellen.** Zellen sind die kleinsten Einheiten des Lebens. Viele Lebewesen leben ständig als Einzeller. So die meisten Kleinstlebewesen, die Mikroorganismen. Die Mehrzahl der Pflanzen und Tiere sind allerdings Vielzeller.
- **Lebewesen haben einen Stoff- und Energiestoffwechsel.** Darunter werden alle chemischen und energetischen Umsetzungen in einzelnen Zellen oder vielzelligen Lebewesen verstanden. Zum Stoffwechsel gehören die Stoffaufnahme, der Stofftransport, die Stoffumwandlung und die Stoffausscheidung. Zum Energiestoffwechsel gehört der Abbau organischer Moleküle zur Energiegewinnung.
- **Lebewesen wachsen.** Als Ergebnis des Stoffwechsels nimmt die Masse einer Zelle bzw. bei Vielzellern die Masse des Gesamtorganismus zu.
- **Lebewesen pflanzen sich selbstständig fort.** Entweder geschieht dies ungeschlechtlich durch Zellteilung, wie bei vielen einfach gebauten Lebewesen, oder geschlechtlich durch Verschmelzung von männlichen und weiblichen Geschlechtszellen (Befruchtung). Die Fortpflanzung dient der Erhaltung der Art und ist in der Regel mit einer Vermehrung verbunden.
- **Lebewesen bewegen sich.** Darunter sind sowohl die selbstständige Fortbewegung zu verstehen, als auch die aktive Bewegung festgewachsener (örtlich fixierter) Lebewesen und Bewegungen innerhalb ihrer Zellen (Motilität).
- **Lebewesen zeigen Reizbarkeitsercheinungen.** Lebewesen reagieren auf eine Vielzahl von Reizen aus ihrer Umgebung. Beispiele sind Reaktionen auf Licht, Schall, Berührung, Temperatur, Schwerkraft, Erdmagnetismus und Chemikalien.

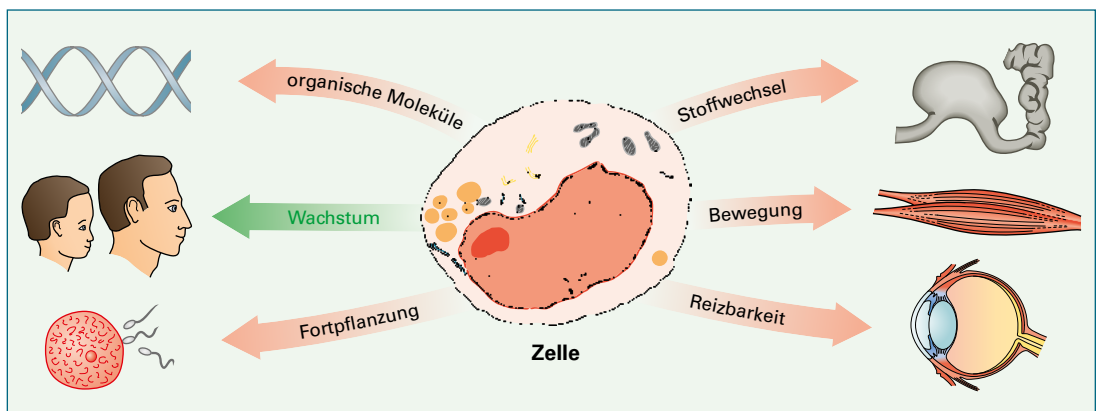


Bild 1: Kennzeichen des Lebens

1.2 Elemente des Lebens

Am Aufbau der Lebewesen sind zwischen 25 und 36 verschiedene chemische Elemente beteiligt (**Tabelle 2**). Sechs von ihnen bezeichnet man als Elemente des Lebens, weil sie zum Aufbau der wichtigsten organischen Stoffe der Zellen benötigt werden. Diese sechs haben einen Massenanteil von zusammen ungefähr 97 % und sind die **Hauptelemente**:

- **Kohlenstoff C, Sauerstoff O, Wasserstoff H, Stickstoff N, Phosphor P und Schwefel S.**

Die genannten sechs Nichtmetalle werden vor allem benötigt für den Aufbau der:

- **Proteine** (Eiweißstoffe),
- **Nukleinsäuren** (Kernsäuren),
- **Kohlenhydrate** und
- **Lipide** (Fette).

Diese organischen Stoffgruppen werden wegen ihrer ausschließlichen Bedeutung für das Leben als **Biomoleküle** bzw. Biostoffe bezeichnet. Als Bau- und Inhaltsstoffe der Zellen machen sie nach dem Löse- und Transportmittel Wasser den größten Massenanteil an den Zellinhaltsstoffen aus (**Tabelle 1**).

Alle anderen Moleküle in den Zellen sind zwar für die Funktion der Zellen ebenfalls unverzichtbar, da sie aber nur einen Bruchteil der Gesamtmasse einer Zelle darstellen, werden sie als **Spurenelemente** (Mineralstoffe im mg-Bereich) bezeichnet.

Zum Aufbau aller Biomoleküle in einer Zelle werden die erwähnten sechs Hauptelemente sowie bis zu 30 weitere Spurenelemente benötigt, z. B. **K, Ca, Na, Mg, Fe, Co, Zn, F, I, B und Si** (**Tabelle 2**).

Tabelle 1: Stoffliche Zusammensetzung einer Bakterienzelle

Stoff	Massenanteil in % der Zellmasse
Wasser	80
Proteine	10
Nukleinsäuren	3
Kohlenhydrate	2
Lipide	2
Rest	3

Tabelle 2: Lebensnotwendige Elemente und einige ihrer Funktionen (Auswahl)

Element	Wichtige Funktionen
Hauptelemente Kohlenstoff (C) Sauerstoff (O) Wasserstoff (H) Stickstoff (N) Phosphor (P) Schwefel (S)	Allgemein benötigt zum Aufbau der Biomoleküle (Proteine, Nukleinsäuren, Kohlenhydrate, Lipide)
Spurenelemente (Massenanteil unter 1 %)	Wichtige Ionen für die Erregungsleitung in Nerven und Muskeln und für die Regulierung der Biomembranaktivität (Seite 20)
Natrium (Na)	
Magnesium (Mg)	
Kalium (K)	
Calcium (Ca)	
Chlor (Cl)	
Bor (B)	Am Enzyrnaufbau beteiligt
Fluor (F)	Am Enzyrnaufbau beteiligt
Jod (I)	Bestandteil des Schilddrüsenhormons
Eisen (Fe)	Bestandteil des roten Blutfarbstoffs (Hämoglobin)
Cobalt (Co)	Bestandteil von Vitamin B ₁₂
Kupfer (Cu)	Am Enzyrnaufbau beteiligt
Zink (Zn)	Am Enzyrnaufbau beteiligt

Kennzeichen des Lebens sind: Aufbau aus organischen Stoffen, Organisation in Zellen, Stoff- und Energiewechsel, Wachstum, selbstständige Fortpflanzung, selbstständige Bewegung und Reizbarkeitserscheinungen.

1.2.1 Proteine (Eiweißstoffe)

► **Bedeutung der Proteine.** Proteine haben den größten Anteil an der Trockenmasse jeder Zelle. Sie sind die vielseitigsten Biomoleküle und daher Grundstoffe des Lebens. Schon Bakterien besitzen mehrere tausend verschiedene Proteinmoleküle, die unterschiedliche, lebensnotwendige Aufgaben innerhalb der Zelle wahrnehmen. Den menschlichen Körper bauen wahrscheinlich bis zu 500 000 verschiedene Proteine auf (**Tabelle 1**).

Proteine bestimmen als Bau- und Betriebsstoffe den Stoffwechsel, den Aufbau und die Funktion von Zellen und Organismen, beispielsweise als

- **Enzyme:** Sie ermöglichen als Reaktionsbeschleuniger (Biokatalysatoren) überhaupt erst chemische Reaktionen in Zellen in der erforderlichen Zeit. Tausende verschiedene Enzyme sind bekannt (Seite 12).
- **Signalproteine** wie z. B. Hormone: Sie überbringen Informationen im Organismus und spielen eine wichtige Rolle bei der Regelung vieler Körperfunktionen.
- **Membranproteine:** Sie regeln den Stoffaustausch und beispielsweise als sogenannte Rezeptoren die Weitergabe von Signalen in das Zellinnere.
- **Faserartige Proteine:** Sie sind als Struktur- und Gerüstsubstanzen besonders widerstandsfähig und bilden die Grundstrukturen von Muskel- und Bindegewebe, Haut, Haaren, Nägeln, Federn, Knorpel, Sehnen oder auch Seide.
- **Motorproteine:** Sie ermöglichen Bewegungen, indem sich die Proteinfasern verkürzen (kontrahieren). Sie sind für Bewegungen der Zelle verantwortlich und sind die wesentlichen Bestandteile der Muskelzellen.
- **Transportproteine:** Sie übernehmen verschiedene Transportaufgaben (z.B. der rote Blutfarbstoff den Transport von Sauerstoff).
- **Speicherproteine:** Sie bilden einen Proteinvorrat (z.B. in vielen pflanzlichen Knollen, Körnern, Samen, Milch oder im Hühnerei).
- **Schutzproteine** (z.B. Antikörper im Blut von Wirbeltieren und Mensch ([Seite 280](#))): Sie erkennen fremde Proteine (z.B. Bakterien, Viren, gespendete Organe) und veranlassen deren Vernichtung.

Die überragende Bedeutung der Proteine lässt sich auch daran erkennen, dass die Erbsubstanz mit der DNA in Form von **Genen** alle Informationen gespeichert hat, die etwas mit dem Aufbau und der Funktion der Proteine zu tun haben (Seite 42). Alle anderen Stoffe und Reaktionen in den Zellen sind den Proteinen nachgeordnet und von ihnen abhängig.

Tabelle 1: Beispiele für Funktion und Vorkommen von Proteinen

Protein	Funktion	Vorkommen
Protease	Verdauungsenzym für Proteine	Magen von Säugetieren und Menschen
Amylase	Verdauungsenzym für Stärke	Darm von Säugetieren und Menschen
Insulin	Hormon für Blutzuckerregulation	Blut von Säugetieren und Menschen
Somatropin	Wachstumshormon	Blut von Säugetieren und Menschen
Kollagen	Strukturprotein	Haut, Bindegewebe
Keratin	Strukturprotein	Haare, Nägel
Hämoglobin	Transportprotein für Sauerstoff	Blut von Säugetieren und Menschen
Immunglobulin	Antikörper	Blut von Säugetieren und Menschen
Albumin	Speicherprotein	Hühnereiweiß
Casein	Speicherprotein	Milcheiweiß (Käsestoff)
Interferon	Abwehr gegen Viren	Immunsystem von Wirbeltieren und Menschen
Endorphine	Schmerzstilller	Gehirn von Säugetieren und Menschen
Fibrinogen	Gerinnungsstoff	Blut von Wirbeltieren und Menschen
Aktin, Myosin	Motorproteine	Muskelfasern von Tieren und Menschen
Botulinus-Toxin	Bakteriengiftstoff	Lebensmittelverderbende Bakterien

► **Aufbau der Proteine.** Aufgebaut sind die Proteine aller Lebewesen (Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere, Mensch) regelmäßig aus nur **20 verschiedenen Aminosäuren**, obwohl in der Chemie mehrere Hundert verschiedene Aminosäuren bekannt sind.

Alle Aminosäuren besitzen als Grundstruktur an einem Kohlenstoffatom eine **Aminogruppe** ($-\text{NH}_2$ bzw. $-\text{NH}$ bei Prolin) und eine **Carboxylgruppe** (Säuregruppe) ($-\text{COOH}$). Der Rest R ist als Seitenkette bei den verschiedenen Aminosäuren jeweils unterschiedlich und für die chemisch-physikalischen Eigenschaften wie u. a. das Säure- und Basen-Verhalten verantwortlich (**Bild 1** und **2**).

Traditionsgemäß benutzt man für die 20 Aminosäuren Kurzschreibweisen mit Drei-Buchstaben-Abkürzungen oder Ein-Buchstaben-Symbolen (**Tabelle 1**).

In den Proteinen sind die Aminosäuren oft zu Hunderten perschnurartig zu einem Riesenmolekül aneinandergereiht. Man bezeichnet Proteine deshalb auch als makromolekulare **Biopolymere**. Die Polymerbildung beruht auf der Fähigkeit der Aminosäuren, sich unter Wasserabspaltung und Ausbildung der **Peptidbindung** miteinander zu verbinden (**Bild 3**). Dabei haben Proteine eine Richtung, weil die Aminosäurekette immer mit einer Aminogruppe (N-Terminus) an der ersten Aminosäure beginnt und mit einer Carboxylgruppe (C-Terminus) an der letzten Aminosäure endet.

Peptide. Zwei Aminosäuren ergeben zusammen ein Dipeptid, drei ein Tripeptid usw. Sind zwischen 10 und 100 Aminosäuren zu einer Kette verbunden, spricht man von Polypeptiden. Erst Ketten mit mehr als 100 Aminosäuren werden im Allgemeinen als **Proteine** bezeichnet.

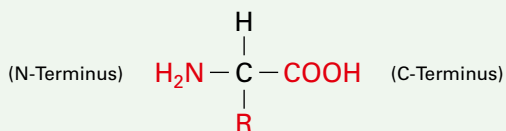


Bild 1: Aminosäuren (allgemeine Formel)




R: -H	Glycin
R: -CH ₃	Alanin
R: -CH ₂ -OH	Serin
R: -CH ₂ -COOH	Asparaginsäure
R: -CH ₂ - 	Phenylalanin
R: -CH ₂ - 	Tyrosin
R: -CH ₂ - 	Histidin

Bild 2: Beispiele verschiedener Reste

Tabelle 1: Aminosäuren mit ihren Kurzschreibweisen

Alanin	Ala	A	Leucin*	Leu	L
Arginin	Arg	R	Lysin*	Lys	K
Asparagin	Asn	N	Methionin*	Met	M
Asparaginsäure	Asp	D	Phenylalanin*	Phe	F
Cystein	Cys	C	Prolin	Pro	P
Glutamin	Gln	Q	Serin	Ser	S
Glutaminsäure	Glu	E	Threonin*	Thr	T
Glycin	Gly	G	Tryptophan*	Trp	W
Histidin*	His	H	Tyrosin	Tyr	Y
Isoleucin*	Ile	I	Valin*	Val	V

* Diese Aminosäuren müssen mit der Nahrung aufgenommen werden (Seite 268).

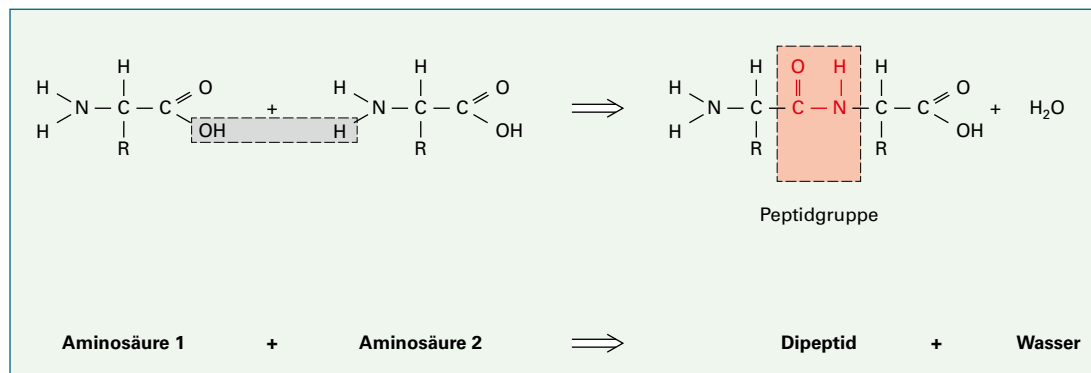


Bild 3: Reaktionsschema für die Bildung von Aminosäureketten (Peptide und Proteine)

Proteine sind Grundstoffe des Lebens und bestimmen den Aufbau und die Funktion von Zellen.