

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Materie, Energie, Leben</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1	Kennzeichen des Lebendigen . . . . .	3
1.2	Teilen, Wachsen und Vermehren . . . . .	4
1.3	Chemie und Physik als Basis . . . . .	6
1.4	Formen, Strukturen und Funktionen in der Natur . . . . .	8
1.5	Energetik – ohne Energieumsatz ist Leben nicht möglich . . . . .	9
1.6	Leben und die Hauptsätze der Thermodynamik . . . . .	10
1.7	Experimente sind Fragen an die Natur . . . . .	11
1.8	Maße und Messsysteme . . . . .	14
1.8.1	Skalare und vektorielle Größen . . . . .	14
1.8.2	Basisgrößen und Basiseinheiten . . . . .	15
1.8.3	Abgeleitete Einheiten . . . . .	15
1.8.4	Messfehler . . . . .	18
1.8.5	Fehlerfortpflanzung . . . . .	19
1.9	Fragen zum Verständnis . . . . .	20

## Teil I Basiswissen Physik

<b>2</b>	<b>Mechanik</b> . . . . .	<b>25</b>
2.1	Masse . . . . .	25
2.1.1	Die bekannte Materie im Universum . . . . .	26
2.1.2	Eigenschaften der Masse . . . . .	27
2.1.3	Massenkonstanz . . . . .	28
2.1.4	Volumen und Dichte . . . . .	29
2.2	Bewegung . . . . .	29
2.2.1	Bewegungsgröße Geschwindigkeit . . . . .	29
2.2.2	Geradlinig gleichförmige Bewegung . . . . .	31
2.2.3	Geradlinig beschleunigte Bewegung . . . . .	31
2.2.4	Kreisbewegung . . . . .	33
2.3	Kraft . . . . .	34

2.3.1	Kraftbegriff . . . . .	34
2.3.2	Impuls . . . . .	36
2.3.3	Kraftwirkung „Beschleunigung“ . . . . .	37
2.3.4	Kräftegleichgewicht und Kräfteaddition . . . . .	37
2.3.5	Schwerkraft . . . . .	40
2.3.6	Trägheitskräfte . . . . .	41
2.3.7	Reibung . . . . .	42
2.4	Arbeit, Energie und Leistung . . . . .	43
2.4.1	Arbeit . . . . .	43
2.4.2	Energiebegriff . . . . .	44
2.4.3	Energieformen . . . . .	44
2.4.4	Energieerhaltung . . . . .	45
2.4.5	Leistung . . . . .	46
2.5	Drehungen am starren Körper . . . . .	46
2.5.1	Drehmoment und Hebel . . . . .	46
2.5.2	Trägheitsmoment . . . . .	48
2.5.3	Drehimpuls . . . . .	48
2.6	Verformung fester Körper . . . . .	49
2.6.1	Elastische und inelastische Verformung . . . . .	49
2.6.2	Arten der Verformung . . . . .	50
2.7	Flüssigkeiten und Gase . . . . .	51
2.7.1	Aggregatzustände . . . . .	51
2.7.2	Druck . . . . .	51
2.7.3	Auftrieb . . . . .	53
2.7.4	Grenzflächenkräfte . . . . .	54
2.7.5	Strömende Flüssigkeiten . . . . .	55
2.8	Schwingungen und Wellen . . . . .	58
2.8.1	Schwingungen . . . . .	58
2.8.2	Wellen . . . . .	61
2.8.3	Schall . . . . .	63
2.8.4	Elektromagnetische Wellen . . . . .	64
2.9	Fragen zum Verständnis . . . . .	65
<b>3</b>	<b>Wärmelehre (Thermodynamik) . . . . .</b>	<b>67</b>
3.1	Wärmemenge . . . . .	67
3.1.1	Temperatur . . . . .	67
3.1.2	Wärmemenge und Wärmekapazität . . . . .	69
3.1.3	Erster Hauptsatz der Wärmelehre . . . . .	70
3.1.4	Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre . . . . .	71
3.1.5	Energie, Enthalpie und Entropie . . . . .	72
3.2	Kinetische Gastheorie . . . . .	75
3.2.1	Ideales Gas . . . . .	76

---

3.2.2	Zustandsgleichung	77
3.2.3	Reale Gase	78
3.3	Wärmetransport	78
3.3.1	Wärmeleitung	78
3.3.2	Wärmeströmung	79
3.3.3	Wärmestrahlung	79
3.4	Phasenübergänge	81
3.4.1	Schmelz- und Siedepunkt	81
3.4.2	Phasengleichgewichte	83
3.5	Fragen zum Verständnis	83
<b>4</b>	<b>Elektrizität und Magnetismus</b>	<b>85</b>
4.1	Elektrostatik	85
4.1.1	Ladung und Feld	85
4.1.2	Potenzial und Potenzialdifferenz	87
4.1.3	Kapazität und Dielektrikum	88
4.1.4	Polarisation im elektrischen Feld	89
4.2	Gleichstrom	90
4.2.1	Elektrischer Strom	91
4.2.2	Widerstand	92
4.2.3	Elektrische Energie und Leistung	94
4.2.4	Strom- und Spannungsmessung	94
4.3	Leistungsarten	95
4.3.1	Leitung in Festkörpern	95
4.3.2	Leitung in Flüssigkeiten	97
4.3.3	Leitung in Gasen	98
4.3.4	Freie Elektronen	99
4.4	Magnetfelder	99
4.4.1	Magnetfelder von Strömen	100
4.4.2	Magnetische Kraft und Drehmoment	101
4.4.3	Magnetismus	103
4.4.4	Induktion	105
4.5	Wechselströme	107
4.5.1	Wechselspannung	107
4.5.2	Leistung	108
4.5.3	Widerstand	109
4.5.4	Schwingkreis	110
4.6	Fragen zum Verständnis	111
<b>5</b>	<b>Optik</b>	<b>113</b>
5.1	Licht	113
5.1.1	Entstehung von Licht	115

5.1.2	Lichteigenschaften	116
5.1.3	Photometrie	117
5.1.4	Sehen und Lichtquellen	118
5.2	Geometrische Optik	119
5.2.1	Geradlinige Ausbreitung des Lichts	119
5.2.2	Reflexion und Streuung	122
5.2.3	Regelmäßig gekrümmte Spiegel (Hohlspiegel)	123
5.2.4	Brechung	124
5.2.5	Linsen und Abbildung	127
5.2.6	Auge und Sehfehler	131
5.3	Wellenoptik	133
5.3.1	Wellennatur des Lichts	133
5.3.2	Interferenz	134
5.3.3	Beugung	134
5.3.4	Polarisation	136
5.3.5	Absorption	138
5.3.6	Farben	138
5.3.7	Röntgenstrahlung	140
5.4	Optische Geräte	140
5.4.1	Lupe	141
5.4.2	Mikroskop	141
5.4.3	Fernrohr und Fernglas	144
5.4.4	Spektrometer	145
5.5	Fragen zum Verständnis	145
<b>6</b>	<b>Atom- und Kernphysik</b>	<b>147</b>
6.1	Atome	147
6.1.1	Bestandteile und Größenordnungen	147
6.1.2	Elemente und Isotope	149
6.2	Quantenmechanik	150
6.2.1	Bau der Atomhülle	151
6.2.2	Orbitale	153
6.3	Atomkerne	157
6.3.1	Kernkräfte	157
6.3.2	Stabilität	159
6.3.3	Radioaktivität	159
6.3.4	Zerfallsgesetz	162
6.3.5	Kernenergie	162
6.4	Ionisierende Strahlung	164
6.4.1	Messgeräte	165
6.4.2	Dosimetrie	166
6.4.3	Strahlenwirkung	166

6.5	Das Periodische System der Elemente . . . . .	168
6.6	Stoffarten und Stoffgemische . . . . .	171
6.7	Fragen zum Verständnis . . . . .	172

## Teil II Basiswissen Chemie

<b>7</b>	<b>Aggregatzustände und Lösungen . . . . .</b>	<b>177</b>
7.1	Aggregatzustände sind veränderbar . . . . .	177
7.2	Wässrige Lösungen sind besondere Flüssigkeiten . . . . .	181
7.3	Gase . . . . .	183
7.4	Flüssigkeiten und Lösungen . . . . .	184
7.5	Feststoffe . . . . .	187
7.6	Mengen- und Konzentrationsangaben . . . . .	188
7.7	Das Avogadro'sche Gesetz . . . . .	191
7.8	Diffusion und Osmose . . . . .	192
7.9	Fragen zum Verständnis . . . . .	195
<b>8</b>	<b>Chemische Bindung . . . . .</b>	<b>197</b>
8.1	Ionenbindung . . . . .	198
8.1.1	Ionen und Kristallbildung . . . . .	199
8.1.2	Elektrolyse . . . . .	200
8.2	Kovalente Bindung: Atom- oder Elektronenpaarbindung . . . . .	202
8.2.1	Polarisierte Atombindung . . . . .	206
8.2.2	Wasser als Lösemittel und Brückenbildner . . . . .	208
8.2.3	Mehrfachbindungen in Gasmolekülen . . . . .	210
8.3	Koordinative Bindung . . . . .	211
8.4	Metallische Bindung . . . . .	215
8.5	Bindungen an Oberflächen und Katalyse . . . . .	215
8.6	Bindungen in Böden . . . . .	216
8.7	Fragen zum Verständnis . . . . .	218
<b>9</b>	<b>Säuren, Basen, Salze . . . . .</b>	<b>221</b>
9.1	Säuren geben Protonen ab . . . . .	221
9.2	Basen nehmen Protonen auf . . . . .	223
9.3	Salze entstehen beim Neutralisieren . . . . .	225
9.4	Ionennachweise . . . . .	226
9.4.1	Farbreaktionen . . . . .	226
9.4.2	Nachweis durch Fällung . . . . .	228
9.5	Fragen zum Verständnis . . . . .	229
<b>10</b>	<b>Gleichgewichtsreaktionen . . . . .</b>	<b>231</b>
10.1	Massenwirkungsgesetz . . . . .	232

10.2	Das Prinzip vom kleinsten Zwang nach Le Chatelier . . . . .	236
10.3	Anwendung des Le-Chatelier-Prinzips . . . . .	238
10.4	Systeme ohne Stillstand: Fließgleichgewichte . . . . .	240
10.5	Dissipative Muster und biologische Oszillation . . . . .	241
10.6	Fragen zum Verständnis . . . . .	242
<b>11</b>	<b>Redox- und Säure/Base-Reaktionen . . . . .</b>	<b>243</b>
11.1	Abgabe und Aufnahme von Elektronen und Protonen . . . . .	243
11.1.1	Oxidationszahl oder Oxidationsstufe . . . . .	244
11.1.2	Aufstellen einer Redox-Gleichung . . . . .	245
11.1.3	Redox- oder Spannungsreihe . . . . .	248
11.2	Säure-Base-Reaktionen . . . . .	250
11.2.1	Protolyse und Protonenübertragung . . . . .	250
11.2.2	Amphotere Stoffe . . . . .	252
11.2.3	Erweiterung der Säure-Base-Definition . . . . .	252
11.2.4	Die Definition von Usanovich . . . . .	253
11.2.5	Harte und weiche Säuren und Basen (HSAB-Prinzip) . . . . .	254
11.2.6	Dissoziationsgleichgewicht: Säure- und Basenstärke . . . . .	254
11.3	Der pH-Wert – die Säure-Base-Reaktion des Wassers . . . . .	255
11.4	Kationensäuren und Anionenbasen . . . . .	257
11.5	Hydrolyse . . . . .	258
11.6	Pufferung . . . . .	259
11.7	Konzentrationsbestimmung durch Titration . . . . .	260
11.8	Redox- bzw. Säure-Base-Reaktionen in der belebten Natur . . . . .	261
11.9	Fragen zum Verständnis . . . . .	263
<b>Teil III Basiswissen Biochemie und Physiologie</b>		
<b>12</b>	<b>Stoffe, Energie und Information . . . . .</b>	<b>267</b>
12.1	Energetische Aspekte . . . . .	268
12.2	Chemiosmose, aktiver Transport und Gradienten . . . . .	269
12.3	Information und Grundlagen der Reizbarkeit . . . . .	272
12.4	Anpassung . . . . .	273
12.5	Kooperative Systeme: Regelung und Steuerung . . . . .	277
12.6	Negative Rückkopplung . . . . .	278
12.7	Fragen zum Verständnis . . . . .	280
<b>13</b>	<b>Organische Kohlenstoffverbindungen – eine erste Übersicht . . . . .</b>	<b>283</b>
13.1	Organische Chemie und Biochemie sind nicht identisch . . . . .	284
13.2	Organische Stoffe sind Kohlenstoffverbindungen . . . . .	285
13.3	Alkane bilden die Basis der Biomoleküle . . . . .	286
13.4	Benennung organischer Verbindungen . . . . .	289

13.5	Alkene und Alkine sind ungesättigte Kohlenwasserstoffe . . . . .	292
13.6	Aromaten sind besondere Kohlenstoffringe . . . . .	295
13.7	Funktionelle Gruppen bestimmen die Reaktivität . . . . .	298
13.8	Biologisch wichtige Stoffklassen . . . . .	299
13.8.1	Alkohole . . . . .	299
13.8.2	Carbonylverbindungen: Aldehyde und Ketone . . . . .	304
13.8.3	Carbonsäuren . . . . .	305
13.8.4	Ester . . . . .	307
13.9	Wichtige Reaktionstypen organischer Moleküle . . . . .	309
13.9.1	Addition . . . . .	310
13.9.2	Substitution . . . . .	311
13.10	Fragen zum Verständnis . . . . .	313
<b>14</b>	<b>Kohlenstoffhydrate . . . . .</b>	<b>315</b>
14.1	Isomeren bei Monosacchariden . . . . .	316
14.2	Moleküldarstellung – die Fischer-Projektion . . . . .	318
14.3	Ringbildung der Monosaccharide (Halbacetale) . . . . .	320
14.4	Glycosidbindungen bilden Oligo- und Polysaccharide . . . . .	323
14.5	Einige Zuckerderivate . . . . .	328
14.6	Fragen zum Verständnis . . . . .	332
<b>15</b>	<b>Aminosäuren, Peptide, Proteine . . . . .</b>	<b>333</b>
15.1	Proteine bestehen aus Aminosäuren . . . . .	333
15.2	Einige Aminosäurederivate . . . . .	337
15.2.1	Decarboxylierung führt zu Aminen . . . . .	338
15.2.2	Aus Aminosäuren leiten sich viele Alkaloide ab . . . . .	339
15.2.3	Betalaine und Betaine sind weitere Aminosäurederivate . . . . .	340
15.3	Aminosäuren sind Zwitterionen . . . . .	341
15.4	Aminosäuren verbinden sich zu Peptiden . . . . .	342
15.5	Proteine haben eine dreidimensionale Struktur . . . . .	344
15.5.1	Primärstruktur: Die Reihenfolge entscheidet . . . . .	344
15.5.2	Sekundärstruktur: Bindungen intra- und intermolekular . . . . .	345
15.5.3	Tertiärstruktur: Proteine mit Domänen und Motiven . . . . .	348
15.5.4	Quartärstruktur: Komplexe Proteine mit Untereinheiten . . . . .	348
15.6	Raumstruktur und Denaturierung . . . . .	349
15.7	Zur Funktion einiger Peptide . . . . .	350
15.8	Aufgabenfelder der Proteine . . . . .	352
15.9	Fragen zum Verständnis . . . . .	354
<b>16</b>	<b>Enzyme und Enzymwirkungen . . . . .</b>	<b>355</b>
16.1	Biochemische Reaktionen und Gleichgewicht . . . . .	355
16.2	Katalysatoren erniedrigen die Aktivierungsenergie . . . . .	356

16.3	Enzyme arbeiten hochspezifisch . . . . .	358
16.4	Manche Enzyme benötigen Coenzyme . . . . .	360
16.5	Enzyme haben besondere kinetische Eigenschaften . . . . .	362
16.6	Enzymaktivitäten werden reguliert . . . . .	364
16.6.1	Kontrolle der Enzymverfügbarkeit . . . . .	364
16.6.2	Kontrolle der Enzymaktivität . . . . .	365
16.7	Die Enzymaktivität hängt von Temperatur und pH-Wert ab . . . . .	370
16.8	Enzyme tragen genormte Bezeichnungen . . . . .	371
16.9	Fragen zum Verständnis . . . . .	372
<b>17</b>	<b>Lipide . . . . .</b>	<b>375</b>
17.1	Fettsäuren sind langkettige Monocarbonsäuren . . . . .	375
17.2	Fette sind die Glycerolester verschiedener Carbonsäuren . . . . .	377
17.3	Biosynthese: Fettsäureketten wachsen um C <sub>2</sub> -Einheiten . . . . .	378
17.4	Strukturlipide bilden das Grundgerüst einer Membran . . . . .	380
17.5	Biomembranen enthalten Funktionsproteine . . . . .	384
17.6	Fragen zum Verständnis . . . . .	388
<b>18</b>	<b>Nucleotide und Nucleinsäuren . . . . .</b>	<b>389</b>
18.1	Basen bilden Nucleoside und Nucleotide . . . . .	391
18.2	Zahlreiche Nucleotide bilden das Polynucleotid der DNA . . . . .	393
18.3	Die Sekundärstruktur der RNA . . . . .	398
18.4	Fragen zum Verständnis . . . . .	400
<b>19</b>	<b>Photosynthese . . . . .</b>	<b>401</b>
19.1	Die Photosynthese gliedert sich in zwei Reaktionsbereiche . . . . .	403
19.2	Lichtreaktionen: Pigmentsysteme wandeln Lichtenergie um . . . . .	404
19.2.1	Die 1. Lichtreaktion: O <sub>2</sub> -Entwicklung und ATP-Bildung . . . . .	405
19.2.2	Die 2. Lichtreaktion erzeugt NADPH . . . . .	409
19.3	Biochemie nach der Photochemie: der Calvin-Zyklus . . . . .	412
19.3.1	Phase 1: Ribulose-1,5-bisphosphat wird carboxyliert . . . . .	413
19.3.2	Phase 2: Reduktion zum Kohlenhydrat . . . . .	413
19.3.3	Phase 3: Regeneration des CO <sub>2</sub> -Akzeptors . . . . .	414
19.4	Photorespiration ist CO <sub>2</sub> -Abgabe im Licht . . . . .	416
19.5	C <sub>4</sub> -Weg der photosynthetischen C-Assimilation . . . . .	417
19.6	Photosynthese als komplexer Redox-Prozess . . . . .	418
19.7	Fragen zum Verständnis . . . . .	419
<b>20</b>	<b>Atmung . . . . .</b>	<b>421</b>
20.1	Die Kohlenhydratveratmung verläuft in zwei Teilprozessen . . . . .	423
20.2	Die Glycolyse ist der Weg von der Hexose zum Pyruvat . . . . .	424
20.3	Acetyl-Coenzym A ist das zentrale Verbindungsglied . . . . .	426
20.4	Der Citratzyklus ist ein Redoxprozess . . . . .	427

---

20.5	Atmungskette: Gebundener Wasserstoff wird zu Wasser . . . . .	428
20.6	Gluconeogenese: Zuckersynthese aus Abbauprodukten . . . . .	432
20.7	Anaerobe Atmung . . . . .	433
20.8	Fragen zum Verständnis . . . . .	435
<b>21</b>	<b>Gärung . . . . .</b>	<b>437</b>
21.1	Unterschiede im terminalen Elektronenakzeptor . . . . .	438
21.2	Umwandlung von Pyruvat zu Ethanol – die alkoholische Gärung . . .	439
21.3	Milchsäurebildung aus Pyruvat – Homolactische Gärung . . . . .	440
21.4	Umschalten können – der Pasteur-Effekt . . . . .	441
21.5	Fragen zum Verständnis . . . . .	442
	<b>Antworten und Lösungen zu den Fragen . . . . .</b>	<b>445</b>
	<b>Zum Weiterlesen . . . . .</b>	<b>479</b>
	<b>Über die Autoren . . . . .</b>	<b>483</b>
	<b>Periodensystem . . . . .</b>	<b>485</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>489</b>