

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Historische Entwicklung der Chemie	2
1.2	Elemente, Verbindungen, Gemische	6
1.3	Stofftrennung	8
1.4	Maßeinheiten	11
1.5	Genauigkeit und signifikante Stellen	12
	Übungsaufgaben	14
<b>2</b>	<b>Einführung in die Atomtheorie</b>	<b>15</b>
2.1	Die Dalton-Atomtheorie	16
2.2	Das Elektron	17
2.3	Das Proton	18
2.4	Das Neutron	19
2.5	Aufbau der Atome	19
2.6	Atomsymbole	20
2.7	Isotope	21
2.8	Atommassen	22
	Übungsaufgaben	24
<b>3</b>	<b>Stöchiometrie, Teil I: Chemische Formeln</b>	<b>25</b>
3.1	Moleküle und Ionen	25
3.2	Empirische Formeln	27
3.3	Das Mol	28
3.4	Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen	29
3.5	Ermittlung chemischer Formeln	31
	Übungsaufgaben	33
<b>4</b>	<b>Stöchiometrie, Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen</b>	<b>35</b>
4.1	Chemische Reaktionsgleichungen	35
4.2	Begrenzende Reaktanden	38
4.3	Ausbeute bei chemischen Reaktionen	39
4.4	Konzentration von Lösungen	40
	Übungsaufgaben	42

<b>5</b>	<b>Energieumsatz bei chemischen Reaktionen</b>	<b>45</b>
5.1	Energiemaße .....	46
5.2	Temperatur und Wärme .....	47
5.3	Kalorimetrie .....	47
5.4	Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie .....	48
5.5	Der Satz von Hess .....	51
5.6	Bildungsenthalpien .....	52
5.7	Bindungsenergien .....	54
	Übungsaufgaben .....	57
<b>6</b>	<b>Die Elektronenstruktur der Atome</b>	<b>59</b>
6.1	Elektromagnetische Strahlung .....	60
6.2	Atomspektren .....	62
6.3	Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente .....	65
6.4	Wellenmechanik .....	69
6.5	Quantenzahlen .....	73
6.6	Orbitalbesetzung und die Hund-Regel .....	78
6.7	Die Elektronenstruktur der Elemente .....	81
6.8	Halb- und vollbesetzte Unterschalen .....	83
6.9	Einteilung der Elemente .....	86
	Übungsaufgaben .....	87
<b>7</b>	<b>Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung</b>	<b>89</b>
7.1	Atomgröße .....	90
7.2	Ionisierungsenergien .....	93
7.3	Elektronenaffinitäten .....	95
7.4	Die Ionenbindung .....	96
7.5	Gitterenergie .....	98
7.6	Arten von Ionen .....	100
7.7	Ionenradien .....	102
7.8	Nomenklatur von Ionenverbindungen .....	103
	Übungsaufgaben .....	105
<b>8</b>	<b>Die kovalente Bindung</b>	<b>107</b>
8.1	Konzept der kovalenten Bindung .....	108
8.2	Übergänge zwischen Ionenbindung und kovalenter Bindung .....	109
8.3	Elektronegativität .....	112
8.4	Formalladungen .....	114
8.5	Mesomerie (Resonanz) .....	116
8.6	Nomenklatur von binären Molekülverbindungen .....	118
	Übungsaufgaben .....	119

<b>9</b>	<b>Molekülstruktur, Molekülorbitale</b>	<b>121</b>
9.1	Ausnahmen zur Oktettregel	122
9.2	Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülstruktur	123
9.3	Hybridorbitale	127
9.4	Molekülorbitale	130
9.5	Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen	134
9.6	Delokalisierte Bindungen	135
9.7	Stark polare kovalente Bindungen	140
9.8	Hypervalente Atome	141
9.9	Die metallische Bindung	142
9.10	Halbleiter	145
	Übungsaufgaben	146
<b>10</b>	<b>Gase</b>	<b>149</b>
10.1	Druck	150
10.2	Das Avogadro-Gesetz	151
10.3	Das ideale Gasgesetz	152
10.4	Stöchiometrie und Gasvolumina	155
10.5	Die kinetische Gastheorie	156
10.6	Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke	158
10.7	Molekülgeschwindigkeiten in Gasen	160
10.8	Das Graham-Effusionsgesetz	161
10.9	Reale Gase	162
10.10	Verflüssigung von Gasen	164
	Übungsaufgaben	166
<b>11</b>	<b>Flüssigkeiten</b>	<b>169</b>
11.1	Intermolekulare Anziehungskräfte	170
11.2	Wasserstoff-Brücken	172
11.3	Der flüssige Zustand	174
11.4	Verdampfung	175
11.5	Dampfdruck	176
11.6	Siedepunkt	177
11.7	Verdampfungsenthalpie	178
11.8	Gefrierpunkt	178
11.9	Dampfdruck von Festkörpern	179
11.10	Phasendiagramme	180
	Übungsaufgaben	182
<b>12</b>	<b>Feststoffe</b>	<b>183</b>
12.1	Arten von kristallinen Feststoffen	184
12.2	Kristallstruktur und Symmetrie	188
12.3	Kristallstrukturen von Metallen	190
12.4	Ionenkristalle	192
12.5	Defektstrukturen	195
12.6	Flüssigkristalle	196
12.7	Nanostrukturen	197
	Übungsaufgaben	199

<b>13</b>	<b>Strukturaufklärung</b>	201
13.1	Röntgenbeugung	202
13.2	Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie	206
	Übungsaufgaben	210
<b>14</b>	<b>Lösungen</b>	211
14.1	Allgemeine Betrachtungen	212
14.2	Der Auflösungsprozess	213
14.3	Hydratisierte Ionen	214
14.4	Lösungsenthalpie	215
14.5	Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur	217
14.6	Konzentration von Lösungen	218
14.7	Dampfdruck von Lösungen	221
14.8	Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen	223
14.9	Osmose	225
14.10	Destillation	227
14.11	Elektrolyt-Lösungen	229
14.12	Interionische Wechselwirkungen in Lösungen	230
14.13	Kolloide Lösungen und Gele	231
14.14	Tenside und Mizellen	232
14.15	Ionische Flüssigkeiten	233
	Übungsaufgaben	234
<b>15</b>	<b>Reaktionen in wässriger Lösung</b>	237
15.1	Metathese-Reaktionen	238
15.2	Oxidationszahlen	241
15.3	Reduktions-Oxidations-Reaktionen	242
15.4	Arrhenius-Säuren und -Basen	246
15.5	Saure und basische Oxide	248
15.6	Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen	249
15.7	Volumetrische Analyse	251
15.8	Äquivalentmasse und Äquivalentkonzentration	253
	Übungsaufgaben	255
<b>16</b>	<b>Reaktionskinetik</b>	257
16.1	Reaktionsgeschwindigkeit	258
16.2	Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	259
16.3	Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	261
16.4	Einstufige Reaktionen	265
16.5	Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen	268
16.6	Reaktionsmechanismen	269
16.7	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	272
16.8	Katalyse	273
	Übungsaufgaben	276

<b>17</b>	<b>Das chemische Gleichgewicht</b>	279
17.1	Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht	280
17.2	Die Gleichgewichtskonstante $K_c$	281
17.3	Die Gleichgewichtskonstante $K_p$	285
17.4	Das Prinzip des kleinsten Zwanges	286
	Übungsaufgaben	289
<b>18</b>	<b>Säuren und Basen</b>	291
18.1	Das Arrhenius-Konzept	292
18.2	Das Brønsted-Lowry-Konzept	292
18.3	Die Stärke von Brønsted-Säuren und -Basen	293
18.4	Säurestärke und Molekülstruktur	295
18.5	Das Lewis-Konzept	297
18.6	Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen	300
	Übungsaufgaben	301
<b>19</b>	<b>Säure-Base-Gleichgewichte</b>	303
19.1	Das Ionenprodukt des Wassers. $pH$ -Wert	304
19.2	Schwache Elektrolyte	306
19.3	Indikatoren	311
19.4	Pufferlösungen	312
19.5	Mehrprotonige Säuren	316
19.6	Salze schwacher Säuren und Basen	319
19.7	Säure-Base-Titrationen	321
19.8	Erweiterung des Säure-Base-Konzepts auf Festkörper	324
	Übungsaufgaben	325
<b>20</b>	<b>Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte</b>	329
20.1	Das Löslichkeitsprodukt	330
20.2	Fällungsreaktionen	332
20.3	Fällung von Sulfiden	335
20.4	Komplex-Gleichgewichte	336
	Übungsaufgaben	339
<b>21</b>	<b>Grundlagen der chemischen Thermodynamik</b>	341
21.1	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	342
21.2	Enthalpie	343
21.3	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	345
21.4	Die freie Enthalpie	347
21.5	Freie Standard-Enthalpien	349
21.6	Absolute Entropien	349
21.7	Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie	351
21.8	Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten	353
	Übungsaufgaben	355

<b>22</b>	<b>Elektrochemie</b>	357
22.1	Elektrischer Strom	358
22.2	Elektrolytische Leitung	359
22.3	Elektrolyse	360
22.4	Stöchiometrische Gesetze bei der Elektrolyse	361
22.5	Galvanische Zellen	364
22.6	Die elektromotorische Kraft	365
22.7	Elektrodenpotenziale	366
22.8	Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft	371
22.9	Konzentrationsabhängigkeit des Potentials	373
22.10	Potenziometrische Titration	377
22.11	Elektrodenpotenziale und Elektrolyse	377
22.12	Korrosion und Korrosionsschutz	378
22.13	Elektrochemische Herstellung von nanostrukturierten Materialien	380
22.14	Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch	381
22.15	Brennstoffzellen	383
	Übungsaufgaben	384
<b>23</b>	<b>Wasserstoff</b>	387
23.1	Vorkommen und physikalische Eigenschaften	388
23.2	Herstellung von Wasserstoff	388
23.3	Chemische Eigenschaften des Wasserstoffs	390
23.4	Technische Verwendung von Wasserstoff	392
	Übungsaufgaben	392
<b>24</b>	<b>Die Halogene</b>	393
24.1	Eigenschaften der Halogene	394
24.2	Vorkommen und Herstellung der Halogene	395
24.3	Interhalogen-Verbindungen	398
24.4	Halogenwasserstoffe	399
24.5	Halogenide	401
24.6	Oxosäuren der Halogene	402
24.7	Verwendung der Halogene	407
	Übungsaufgaben	408
<b>25</b>	<b>Die Edelgase</b>	409
25.1	Vorkommen und Gewinnung der Edelgase	409
25.2	Eigenschaften der Edelgase	410
25.3	Verwendung der Edelgase	411

<b>26</b>	<b>Die Elemente der 6. Hauptgruppe (Gruppe 16)</b>	413
26.1	Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene	414
26.2	Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff	415
26.3	Reaktionen des Sauerstoffs	416
26.4	Verwendung von Sauerstoff	419
26.5	Ozon	419
26.6	Schwefel, Selen und Tellur	420
26.7	Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur	421
26.8	Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur	422
26.9	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV	424
26.10	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI	425
26.11	Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur	428
	Übungsaufgaben	429
<b>27</b>	<b>Die Elemente der 5. Hauptgruppe (Gruppe 15)</b>	431
27.1	Allgemeine Eigenschaften	432
27.2	Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut	434
27.3	Der Stickstoffzyklus	435
27.4	Vorkommen und Herstellung der Elemente der 5. Hauptgruppe	436
27.5	Nitride und Phosphide	437
27.6	Wasserstoff-Verbindungen	438
27.7	Halogen-Verbindungen	440
27.8	Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs	441
27.9	Luftverschmutzung	445
27.10	Oxide und Oxosäuren des Phosphors	449
27.11	Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut	452
27.12	Verwendung der Elemente der 5. Hauptgruppe	452
	Übungsaufgaben	454
<b>28</b>	<b>Kohlenstoff, Silicium und Bor</b>	455
28.1	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 4. Hauptgruppe	456
28.2	Die Strukturen der Elemente der 4. Hauptgruppe	458
28.3	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium	461
28.4	Carbide, Silicide und Silane	463
28.5	Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs	465
28.6	Siliciumdioxid und Silicate	466
28.7	Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs	469
28.8	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 3. Hauptgruppe (Gruppe 13)	470
28.9	Elementares Bor	471
28.10	Bor-Verbindungen	472
28.11	Borane (Borhydride)	474
	Übungsaufgaben	475

<b>29</b>	<b>Metalle</b>	477
29.1	Physikalische Eigenschaften von Metallen	478
29.2	Vorkommen von Metallen	480
29.3	Metallurgie: Aufbereitung von Erzen	482
29.4	Metallurgie: Reduktion	484
29.5	Metallurgie: Raffination	489
29.6	Die Alkalimetalle	491
29.7	Die Erdalkalimetalle	494
29.8	Die Metalle der 3. Hauptgruppe	498
29.9	Die Metalle der 4. Hauptgruppe	501
29.10	Die Übergangsmetalle	503
29.11	Die Lanthanoide	509
	Übungsaufgaben	511
<b>30</b>	<b>Komplex-Verbindungen</b>	513
30.1	Struktur von Komplex-Verbindungen	514
30.2	Stabilität von Komplexen	518
30.3	Nomenklatur von Komplexen	519
30.4	Isomerie	520
30.5	Die Bindungsverhältnisse in Komplexen	523
	Übungsaufgaben	531
<b>31</b>	<b>Organische Chemie, Teil I: Kohlenwasserstoffe</b>	533
31.1	Alkane	534
31.2	Alkene	540
31.3	Alkine	542
31.4	Arene	542
31.5	Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution. Addition	544
31.6	Cycloaddition und die Bedeutung der Orbitalsymmetrie für chemische Reaktionen	547
31.7	Reaktionen von Arenen. Elektrophile Substitution	548
	Übungsaufgaben	551
<b>32</b>	<b>Organische Chemie, Teil II: Funktionelle Gruppen</b>	553
32.1	Halogenalkane. Nucleophile Substitution. Eliminierungsreaktionen	555
32.2	Metallorganische Verbindungen	557
32.3	Alkohole, Phenole und Thiole	559
32.4	Ether	562
32.5	Carbonyl-Verbindungen	564
32.6	Carbonsäuren und ihre Derivate	568
32.7	Amine und Carbonsäureamide	576
32.8	Aminosäuren und Peptide	579



32.9	Azo- und Diazo-Verbindungen .....	580
32.10	Heterocyclische Verbindungen .....	581
	Übungsaufgaben .....	583

### **33 Stereochemie, Polymerchemie und supramolekulare Chemie** \_\_\_\_\_ 585

33.1	Stereochemie organischer Verbindungen .....	586
33.2	Racemat-Trennung und Synthese chiraler Moleküle .....	590
33.3	Polymerchemie .....	592
33.4	Supramolekulare Chemie .....	599
	Übungsaufgaben .....	601

### **34 Naturstoffe und Biochemie** \_\_\_\_\_ 603

34.1	Terpene .....	605
34.2	Kohlenhydrate .....	607
34.3	Fette, Öle und Wachse .....	611
34.4	Botenstoffe, Hormone und Vitamine .....	613
34.5	Natürliche Farbstoffe .....	616
34.6	Proteine .....	619
34.7	Nucleinsäuren .....	623
34.8	Proteinsynthese .....	626
34.9	Gentechnik .....	628
34.10	Enzyme und Coenzyme .....	632
34.11	Schlussbemerkung: Chemie und Biochemie .....	636
	Übungsaufgaben .....	637

### **35 Kernchemie** \_\_\_\_\_ 639

35.1	Der Atomkern .....	640
35.2	Kernreaktionen .....	642
35.3	Radioaktivität .....	643
35.4	Messung der Radioaktivität .....	645
35.5	Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit .....	647
35.6	Biologische Effekte der Radioaktivität .....	650
35.7	Radioaktive Zerfallsreihen .....	652
35.8	Künstliche Kernumwandlungen .....	654
35.9	Kernspaltung .....	657
35.10	Kernfusion .....	661
35.11	Verwendung von radioaktiven Nucliden .....	663
	Übungsaufgaben .....	666

**36 Umgang mit gefährlichen Stoffen** ..... 669

36.1 Einteilung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe ..... 670  
36.2 Europäisches Gefahrstoffrecht ..... 675  
36.3 Giftstoffe, Toxikologie ..... 681  
    Übungsaufgaben ..... 686

**Anhang** ..... 687

A Normalpotenziale ..... 688  
B Gleichgewichtskonstanten ..... 689  
C Thermodynamische Daten ..... 691  
D Mittlere Bindungsenergien ..... 692  
E Lösungen zu den Übungsaufgaben ..... 693

**Glossar** ..... 721

**Sachverzeichnis** ..... 745

Maßeinheiten, Naturkonstanten ..... vorderer Einband  
Tabelle der Elemente ..... hinterer Einband  
Periodensystem der Elemente ..... Ausklapptafel am Buchende  
Periodensystem der Elemente, Naturkonstanten, Formelsammlung  
(Einsteckkärtchen) ..... hinterer Einband