

# Auf einen Blick

<b>Grundlagen und Atomtheorie</b>	1 Einleitung	19
	2 Einführung in die Atomtheorie	32
<b>Stöchiometrie</b>	3 Stöchiometrie I: Chemische Formeln	41
	4 Stöchiometrie II: Chemische Reaktionsgleichungen	50
	5 Energieumsatz bei chemischen Reaktionen	59
<b>Atome und chemische Bindung</b>	6 Die Elektronenstruktur der Atome	72
	7 Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung	98
	8 Die kovalente Bindung	115
	9 Molekülstruktur, Molekülorbitale	127
<b>Gase, Flüssigkeiten, Feststoffe und Lösungen</b>	10 Gase	151
	11 Flüssigkeiten	169
	12 Feststoffe	181
	13 Strukturaufklärung	197
	14 Lösungen	207
<b>Gesetzmäßigkeiten chemischer Reaktionen</b>	15 Reaktionen in wässriger Lösung	229
	16 Reaktionskinetik	248
	17 Das chemische Gleichgewicht	268
	18 Säuren und Basen	279
	19 Säure-Base-Gleichgewichte	290
	20 Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte	312
	21 Grundlagen der chemischen Thermodynamik	323
	22 Elektrochemie	337
<b>Stoffchemie der Elemente</b>	23 Wasserstoff	364
	24 Halogene	370
	25 Die Edelgase	384
	26 Die Elemente der 6. Hauptgruppe (Gruppe 16)	387
	27 Die Elemente der 5. Hauptgruppe (Gruppe 15)	403
	28 Kohlenstoff, Silicium und Bor	424
	29 Metalle	443
	30 Komplex-Verbindungen	476
<b>Organische Chemie und Biochemie</b>	31 Organische Chemie Teil I: Kohlenwasserstoffe	494
	32 Organische Chemie Teil II: Funktionelle Gruppen	512
	33 Stereochemie, Polymerchemie und supramolekulare Chemie	541
	34 Naturstoffe und Biochemie	557
<b>Kernchemie</b>	35 Kernchemie	589
<b>Gefahrstoffe</b>	36 Umgang mit gefährlichen Stoffen	615
<b>Anhang</b>		631

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	19	5.4	Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie ..	62
1.1	Historische Entwicklung der Chemie .....	20	5.5	Der Satz von Hess .....	64
1.2	Elemente, Verbindungen, Gemische .....	23	5.6	Bildungsenthalpien .....	65
1.3	Stofftrennung .....	25	5.7	Bindungsenergien .....	68
1.4	Maßeinheiten .....	28	.	Übungsaufgaben .....	70
1.5	Genauigkeit und signifikante Stellen .....	29	<b>6</b>	<b>Die Elektronenstruktur der</b>	
1.6	Mittelwert und Standardabweichung .....	30		<b>Atome</b> .....	72
	Übungsaufgaben .....	31	6.1	Elektromagnetische Strahlung .....	73
<b>2</b>	<b>Einführung in die Atomtheorie</b> ...	32	6.2	Atomspektren .....	74
2.1	Die Dalton-Atomtheorie .....	32	6.3	Ordnungszahl und das Periodensystem der	
2.2	Das Elektron .....	33		Elemente .....	77
2.3	Das Proton .....	34	6.4	Wellenmechanik .....	80
2.4	Das Neutron .....	35	6.5	Quantenzahlen .....	84
2.5	Aufbau der Atome .....	35	6.6	Orbitalbesetzung und die Hund-Regel .....	88
2.6	Atomsymbole .....	37	6.7	Die Elektronenstruktur der Elemente .....	91
2.7	Isotope .....	37	6.8	Halb- und vollbesetzte Unterschalen .....	93
2.8	Atommassen .....	38	6.9	Einteilung der Elemente .....	96
	Übungsaufgaben .....	40		Übungsaufgaben .....	96
<b>3</b>	<b>Stöchiometrie Teil I: Chemische</b>		<b>7</b>	<b>Eigenschaften der Atome</b>	
	<b>Formeln</b> .....	41		<b>und die Ionenbindung</b> .....	98
3.1	Moleküle und Ionen .....	41	7.1	Atomgröße .....	99
3.2	Empirische Formeln .....	43	7.2	Ionisierungsenergien .....	101
3.3	Das Mol .....	43	7.3	Elektronenaffinitäten .....	103
3.4	Prozentuale Zusammensetzung von		7.4	Die Ionenbindung .....	105
	Verbindungen .....	45	7.5	Gitterenergie .....	106
3.5	Ermittlung chemischer Formeln .....	46	7.6	Arten von Ionen .....	108
	Übungsaufgaben .....	47	7.7	Ionenradien .....	110
<b>4</b>	<b>Stöchiometrie Teil II: Chemische</b>		7.8	Nomenklatur von Ionenverbindungen .....	112
	<b>Reaktionsgleichungen</b> .....	50		Übungsaufgaben .....	113
4.1	Chemische Reaktionsgleichungen .....	50	<b>8</b>	<b>Die kovalente Bindung</b> .....	115
4.2	Begrenzende Reaktanden .....	53	8.1	Konzept der kovalenten Bindung .....	115
4.3	Ausbeute bei chemischen Reaktionen .....	54	8.2	Übergänge zwischen Ionenbindung und	
4.4	Konzentration von Lösungen .....	54		kovalenter Bindung .....	117
	Übungsaufgaben .....	56	8.3	Elektronegativität .....	119
<b>5</b>	<b>Energieumsatz bei chemischen</b>		8.4	Formalladungen .....	121
	<b>Reaktionen</b> .....	59	8.5	Mesomerie (Resonanz) .....	123
5.1	Energiemaße .....	60	8.6	Nomenklatur von binären	
5.2	Temperatur und Wärme .....	60		Molekülverbindungen .....	125
5.3	Kalorimetrie .....	61		Übungsaufgaben .....	125

<b>9</b>	<b>Molekülstruktur, Molekülorbitale</b>	127	12.3	Kristallstrukturen von Metallen	186
9.1	Ausnahmen zur Oktettregel	128	12.4	Ionenkristalle	189
9.2	Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülstruktur	128	12.5	Defektstrukturen	192
9.3	Hybridorbitale	133	12.6	Flüssigkristalle	193
9.4	Molekülorbitale	135	12.7	Nanostrukturen	194
9.5	Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen	139		Übungsaufgaben	196
9.6	Delokalisierte Bindungen	140	<b>13</b>	<b>Strukturaufklärung</b>	197
9.7	Stark polare kovalente Bindungen	144	13.1	Röntgenbeugung	197
9.8	Hypervalente Atome	144	13.2	Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie	202
9.9	Die Bindung in Metallen	146		Übungsaufgaben	205
9.10	Halbleiter	149	<b>14</b>	<b>Lösungen</b>	207
	Übungsaufgaben	149	14.1	Allgemeine Betrachtungen	208
<b>10</b>	<b>Gase</b>	151	14.2	Der Auflösungsprozess	209
10.1	Druck	152	14.3	Hydratisierte Ionen	210
10.2	Das Avogadro-Gesetz	153	14.4	Lösungsenthalpie	211
10.3	Das ideale Gasgesetz	154	14.5	Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur	212
10.4	Stöchiometrie und Gasvolumina	156	14.6	Konzentration von Lösungen	213
10.5	Die kinetische Gastheorie	158	14.7	Dampfdruck von Lösungen	216
10.6	Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke	159	14.8	Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen	217
10.7	Molekülgeschwindigkeiten in Gasen	161	14.9	Osmose	219
10.8	Das Graham-Effusionsgesetz	162	14.10	Destillation	221
10.9	Reale Gase	163	14.11	Elektrolyt-Lösungen	223
10.10	Verflüssigung von Gasen	165	14.12	Interionische Wechselwirkungen in Lösungen	224
	Übungsaufgaben	166	14.13	Kolloide Lösungen und Gele	224
<b>11</b>	<b>Flüssigkeiten</b>	169	14.14	Tenside und Mizellen	225
11.1	Intermolekulare Anziehungskräfte	170	14.15	Ionische Flüssigkeiten	226
11.2	Wasserstoff-Brücken	172		Übungsaufgaben	227
11.3	Der flüssige Zustand	173	<b>15</b>	<b>Reaktionen in wässriger Lösung</b>	229
11.4	Verdampfung	174	15.1	Metathese-Reaktionen	229
11.5	Dampfdruck	175	15.2	Oxidationszahlen	232
11.6	Siedepunkt	176	15.3	Reduktions-Oxidations-Reaktionen	234
11.7	Verdampfungsenthalpie	176	15.4	Arrhenius-Säuren und -Basen	237
11.8	Gefrierpunkt und Schmelzpunkt	177	15.5	Saure und basische Oxide	239
11.9	Dampfdruck von Festkörpern	178	15.6	Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen	240
11.10	Zustandsdiagramme	178	15.7	Volumetrische Analyse	242
	Übungsaufgaben	180	15.8	Äquivalentmasse und Äquivalentkonzentration	244
<b>12</b>	<b>Feststoffe</b>	181		Übungsaufgaben	246
12.1	Arten von kristallinen Feststoffen	182			
12.2	Kristallstruktur und Symmetrie	183			

<b>16</b>	<b>Reaktionskinetik</b> .....	248	<b>20</b>	<b>Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte</b> .....	312
16.1	Reaktionsgeschwindigkeit .....	249	20.1	Das Löslichkeitsprodukt .....	312
16.2	Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit .....	250	20.2	Fällungsreaktionen .....	314
16.3	Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit .....	251	20.3	Fällung von Sulfiden .....	317
16.4	Einstufige Reaktionen .....	255	20.4	Komplex-Gleichgewichte .....	318
16.5	Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen .....	258		Übungsaufgaben .....	321
16.6	Reaktionsmechanismen .....	259	<b>21</b>	<b>Grundlagen der chemischen Thermodynamik</b> .....	323
16.7	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit .....	261	21.1	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik ..	324
16.8	Katalyse .....	262	21.2	Enthalpie .....	325
	Übungsaufgaben .....	265	21.3	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik .	326
<b>17</b>	<b>Das chemische Gleichgewicht</b> ....	268	21.4	Die freie Enthalpie .....	328
17.1	Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht .....	269	21.5	Freie Standard-Enthalpien .....	330
17.2	Die Gleichgewichtskonstante $K_C$ .....	270	21.6	Absolute Entropien .....	330
17.3	Die Gleichgewichtskonstante $K_p$ .....	273	21.7	Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie .....	332
17.4	Das Prinzip des kleinsten Zwanges .....	275	21.8	Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten .....	334
	Übungsaufgaben .....	276		Übungsaufgaben .....	335
<b>18</b>	<b>Säuren und Basen</b> .....	279	<b>22</b>	<b>Elektrochemie</b> .....	337
18.1	Das Arrhenius-Konzept .....	280	22.1	Elektrischer Strom .....	338
18.2	Das Brønsted-Lowry-Konzept .....	280	22.2	Elektrolytische Leitung .....	339
18.3	Die Stärke von Brønsted-Säuren und -Basen	281	22.3	Elektrolyse .....	340
18.4	Säurestärke und Molekülstruktur .....	282	22.4	Stöchiometrische Gesetze bei der Elektrolyse .....	341
18.5	Das Lewis-Konzept .....	285	22.5	Galvanische Zellen .....	343
18.6	Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen .	287	22.6	Die elektromotorische Kraft .....	344
	Übungsaufgaben .....	288	22.7	Elektrodenpotenziale .....	345
<b>19</b>	<b>Säure-Base-Gleichgewichte</b> .....	290	22.8	Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft .....	349
19.1	Das Ionenprodukt des Wassers. pH-Wert .....	291	22.9	Konzentrationsabhängigkeit des Potentials .	351
19.2	Schwache Elektrolyte .....	292	22.10	Potentiometrische Titration .....	355
19.3	Indikatoren .....	297	22.11	Elektrodenpotenziale und Elektrolyse .....	355
19.4	Pufferlösungen .....	298	22.12	Korrosion und Korrosionsschutz .....	356
19.5	Mehrprotonige Säuren .....	301	22.13	Elektrochemische Herstellung von nanostrukturierten Materialien .....	357
19.6	Salze schwacher Säuren und Basen .....	304	22.14	Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch .....	358
19.7	Säure-Base-Titrationen .....	306	22.15	Brennstoffzellen .....	360
19.8	Erweiterung des Säure-Base-Konzepts auf Festkörper .....	308		Übungsaufgaben .....	361
	Übungsaufgaben .....	310			

<b>23</b>	<b>Wasserstoff</b> .....	364	<b>27</b>	<b>Die Elemente der</b>	
23.1	Vorkommen und physikalische Eigenschaften .....	364	<b>5. Hauptgruppe (Gruppe 15)</b> .....	403	
23.2	Herstellung von Wasserstoff .....	365	27.1	Allgemeine Eigenschaften .....	404
23.3	Chemische Eigenschaften des Wasserstoffs	366	27.2	Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut .....	405
23.4	Technische Verwendung von Wasserstoff ..	368	27.3	Der Stickstoffzyklus .....	406
	Übungsaufgaben .....	369	27.4	Vorkommen und Herstellung der Elemente der 5. Hauptgruppe .....	407
<b>24</b>	<b>Halogene</b> .....	370	27.5	Nitride und Phosphide .....	408
24.1	Eigenschaften der Halogene .....	370	27.6	Wasserstoff-Verbindungen .....	409
24.2	Vorkommen und Herstellung der Halogene	372	27.7	Halogen-Verbindungen .....	411
24.3	Halogenwasserstoffe .....	375	27.8	Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs .....	412
24.4	Interhalogen-Verbindungen .....	376	27.9	Luftverschmutzung .....	415
24.5	Halogenide .....	377	27.10	Oxide und Oxosäuren des Phosphors .....	419
24.6	Oxosäuren der Halogene .....	378	27.11	Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut .....	421
24.7	Verwendung der Halogene .....	382	27.12	Verwendung der Elemente der 5. Hauptgruppe .....	422
	Übungsaufgaben .....	383		Übungsaufgaben .....	423
<b>25</b>	<b>Die Edelgase</b> .....	384	<b>28</b>	<b>Kohlenstoff, Silicium und Bor</b> .....	424
25.1	Vorkommen und Gewinnung der Edelgase .	384	28.1	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 4. Hauptgruppe .....	425
25.2	Eigenschaften der Edelgase .....	385	28.2	Die Strukturen der Elemente der 4. Hauptgruppe .....	427
25.3	Verwendung der Edelgase .....	386	28.3	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium .....	429
<b>26</b>	<b>Die Elemente der</b>		28.4	Carbide, Silicide und Silane .....	431
	<b>6. Hauptgruppe (Gruppe 16)</b> .....	387	28.5	Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs . . . .	433
26.1	Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene .	388	28.6	Siliciumdioxid und Silicate .....	434
26.2	Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff	389	28.7	Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs .....	437
26.3	Reaktionen des Sauerstoffs .....	389	28.8	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 3. Hauptgruppe (Gruppe 13) .....	437
26.4	Verwendung von Sauerstoff .....	392	28.9	Elementares Bor .....	438
26.5	Ozon .....	392	28.10	Bor-Verbindungen .....	439
26.6	Schwefel, Selen und Tellur .....	393	28.11	Borane (Borhydride) .....	440
26.7	Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur .....	394		Übungsaufgaben .....	441
26.8	Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur .....	395	<b>29</b>	<b>Metalle</b> .....	443
26.9	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV .....	396	29.1	Physikalische Eigenschaften von Metallen ..	444
26.10	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI .....	398	29.2	Vorkommen von Metallen .....	446
26.11	Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur	401	29.3	Metallurgie: Aufbereitung von Erzen .....	447
	Übungsaufgaben .....	401	29.4	Metallurgie: Reduktion .....	449
			29.5	Metallurgie: Raffination .....	454

29.6	Die Alkalimetalle	455	<b>33</b>	<b>Stereochemie, Polymerchemie und supramolekulare Chemie</b>	541
29.7	Die Erdalkalimetalle	458	33.1	Stereochemie organischer Verbindungen	541
29.8	Die Metalle der 3. Hauptgruppe	462	33.2	Racemat-Trennung und Synthese chiraler Moleküle	545
29.9	Die Metalle der 4. Hauptgruppe	464	33.3	Polymerchemie	547
29.10	Die Übergangsmetalle	466	33.4	Supramolekulare Chemie	553
29.11	Die Lanthanoide	472		Übungsaufgaben	555
	Übungsaufgaben	474	<b>34</b>	<b>Naturstoffe und Biochemie</b>	557
<b>30</b>	<b>Komplex-Verbindungen</b>	476	34.1	Terpene	559
30.1	Struktur von Komplex-Verbindungen	477	34.2	Kohlenhydrate	560
30.2	Stabilität von Komplexen	481	34.3	Fette, Öle und Wachse	564
30.3	Nomenklatur von Komplexen	482	34.4	Botenstoffe, Hormone und Vitamine	566
30.4	Isomerie	482	34.5	Natürliche Farbstoffe	569
30.5	Die Bindungsverhältnisse in Komplexen	484	34.6	Proteine	572
	Übungsaufgaben	492	34.7	Nucleinsäuren	576
<b>31</b>	<b>Organische Chemie Teil I: Kohlenwasserstoffe</b>	494	34.8	Proteinsynthese	578
31.1	Alkane	495	34.9	Gentechnik	580
31.2	Alkene	500	34.10	Enzyme und Coenzyme	584
31.3	Alkine	502	34.11	Schlussbemerkung: Biochemie und Chemie	587
31.4	Arene	502		Übungsaufgaben	588
31.5	Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution. Addition	504	<b>35</b>	<b>Kernchemie</b>	589
31.6	Cycloaddition und die Bedeutung der Orbitalsymmetrie für chemische Reaktionen	506	35.1	Der Atomkern	590
31.7	Reaktionen von Arenen. Elektrophile Substitution	507	35.2	Kernreaktionen	591
31.8	Nucleophile Substitution an Aromaten	510	35.3	Radioaktivität	592
	Übungsaufgaben	511	35.4	Messung der Radioaktivität	595
<b>32</b>	<b>Organische Chemie Teil II: Funktionelle Gruppen</b>	512	35.5	Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit	596
32.1	Halogenalkane. Nucleophile Substitution. Eliminierungsreaktionen	513	35.6	Biologische Effekte der Radioaktivität	599
32.2	Metallorganische Verbindungen	516	35.7	Radioaktive Zerfallsreihen	601
32.3	Alkohole, Phenole und Thiole	517	35.8	Künstliche Kernumwandlungen	603
32.4	Ether	520	35.9	Kernspaltung	605
32.5	Carbonyl-Verbindungen	521	35.10	Kernfusion	609
32.6	Carbonsäuren und ihre Derivate	525	35.11	Verwendung von radioaktiven Nucliden	610
32.7	Amine und Carbonsäureamide	533		Übungsaufgaben	613
32.8	Aminosäuren und Peptide	535	<b>36</b>	<b>Umgang mit gefährlichen Stoffen</b>	615
32.9	Azo- und Diazo-Verbindungen	536	36.1	Einteilung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe	616
32.10	Heterocyclische Verbindungen	537	36.2	Europäisches Gefahrstoffrecht	620
	Übungsaufgaben	539	36.3	Giftstoffe, Toxikologie	626
				Übungsaufgaben	630

	<b>Anhang</b> .....	631	D	Mittlere Bindungsenergien .....	636
A	Normalpotenziale bei 25 °C .....	632	E	Lösungen zu den Übungsaufgaben .....	637
B	Gleichgewichtskonstanten bei 25 °C .....	633		<b>Glossar</b> .....	664
C	Thermodynamische Daten bei 25 °C .....	635		<b>Sachverzeichnis</b> .....	687