

# Inhalt

<b>Einleitung</b> . . . . .	1	<b>Kapitel 1</b>
1. Historische Entwicklung der Chemie . . . . .	1	
2. Elemente, Verbindungen, Gemische . . . . .	5	
3. Stofftrennung. . . . .	8	
4. Maßeinheiten. . . . .	11	
Zusammenfassung. . . . .	13	
Schlüsselworte . . . . .	13	
<b>Einführung in die Atomtheorie</b> . . . . .	15	<b>Kapitel 2</b>
1. Die Daltonsche Atomtheorie. . . . .	15	
2. Das Elektron. . . . .	16	
3. Das Proton . . . . .	18	
4. Das Neutron . . . . .	18	
5. Aufbau der Atome . . . . .	19	
6. Atomsymbole . . . . .	20	
7. Isotope . . . . .	21	
8. Atommassen . . . . .	22	
Zusammenfassung. . . . .	23	
Schlüsselworte . . . . .	23	
Übungsaufgaben . . . . .	24	
<b>Stöchiometrie, Teil I: Chemische Formeln</b> . . . . .	25	<b>Kapitel 3</b>
1. Moleküle und Ionen . . . . .	25	
2. Empirische Formeln. . . . .	27	
3. Das Mol. . . . .	27	
4. Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen . . . . .	29	
5. Ermittlung chemischer Formeln . . . . .	30	
Zusammenfassung. . . . .	30	
Schlüsselworte . . . . .	30	
Übungsaufgaben . . . . .	31	

<b>Kapitel 4</b>	<b>Stöchiometrie, Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen</b>	<b>33</b>
	1. Chemische Reaktionsgleichungen	33
	2. Begrenzende Reaktanden	35
	3. Ausbeute bei chemischen Reaktionen	36
	4. Konzentration von Lösungen	36
	Zusammenfassung	37
	Schlüsselworte	38
	Übungsaufgaben	38
<b>Kapitel 5</b>	<b>Energieumsatz bei chemischen Reaktionen</b>	<b>41</b>
	1. Energiemaße	41
	2. Temperatur und Wärme	42
	3. Kalorimetrie	42
	4. Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie	43
	5. Der Satz von Hess	46
	6. Bildungsenthalpien	47
	7. Bindungsenergien	48
	Zusammenfassung	50
	Schlüsselworte	50
	Übungsaufgaben	50
<b>Kapitel 6</b>	<b>Die Elektronenstruktur der Atome</b>	<b>53</b>
	1. Elektromagnetische Strahlung	53
	2. Atomspektren	54
	3. Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente	57
	4. Wellenmechanik	61
	5. Quantenzahlen	66
	6. Orbitalbesetzung und die Hundsche Regel	71
	7. Die Elektronenstruktur der Elemente	74
	8. Halb- und vollbesetzte Unterschalen	78
	9. Einteilung der Elemente	79
	Zusammenfassung	80
	Schlüsselworte	80
	Übungsaufgaben	81
<b>Kapitel 7</b>	<b>Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung</b>	<b>83</b>
	1. Atomgröße	84
	2. Ionisierungsenergien	86
	3. Elektronenaffinitäten	89
	4. Die Ionenbindung	90
	5. Gitterenergie	92
	6. Arten von Ionen	94
	7. Ionenradien	96
	8. Nomenklatur von Ionenverbindungen	98
	Zusammenfassung	99
	Schlüsselworte	99
	Übungsaufgaben	100

<b>Die kovalente Bindung</b> . . . . .	101	<b>Kapitel 8</b>
1. Konzept der kovalenten Bindung . . . . .	101	
2. Übergänge zwischen Ionenbindung und kovalenter Bindung . . . . .	103	
3. Elektronegativität. . . . .	105	
4. Formalladungen . . . . .	107	
5. Mesomerie (Resonanz) . . . . .	109	
6. Nomenklatur von binären Molekülverbindungen. . . . .	111	
Zusammenfassung. . . . .	112	
Schlüsselworte . . . . .	112	
Übungsaufgaben . . . . .	112	
<b>Molekülgeometrie. Molekülorbitale</b> . . . . .	115	<b>Kapitel 9</b>
1. Ausnahmen zur Oktettregel . . . . .	115	
2. Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülgeometrie . . . . .	116	
3. Hybridorbitale . . . . .	120	
4. Molekülorbitale . . . . .	123	
5. Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen . . . . .	129	
6. $p\pi$ - $d\pi$ -Bindungen . . . . .	131	
Zusammenfassung. . . . .	132	
Schlüsselworte . . . . .	132	
Übungsaufgaben . . . . .	133	
<b>Gase</b> . . . . .	135	<b>Kapitel 10</b>
1. Druck . . . . .	135	
2. Das Avogadro'sche Gesetz . . . . .	136	
3. Das ideale Gasgesetz. . . . .	137	
4. Stöchiometrie und Gasvolumina. . . . .	140	
5. Die kinetische Gastheorie. . . . .	141	
6. Das Daltonsche Gesetz der Partialdrücke. . . . .	143	
7. Molekülgeschwindigkeiten in Gasen . . . . .	144	
8. Das Grahamsche Effusionsgesetz . . . . .	145	
9. Reale Gase . . . . .	146	
10. Verflüssigung von Gasen . . . . .	148	
Zusammenfassung. . . . .	150	
Schlüsselworte . . . . .	150	
Übungsaufgaben . . . . .	151	
<b>Flüssigkeiten und Feststoffe</b> . . . . .	155	<b>Kapitel 11</b>
1. Intermolekulare Anziehungskräfte . . . . .	156	
2. Wasserstoff-Brücken . . . . .	158	
3. Der flüssige Zustand . . . . .	160	
4. Verdampfung . . . . .	161	
5. Dampfdruck . . . . .	162	
6. Siedepunkt . . . . .	163	
7. Verdampfungsenthalpie. . . . .	164	

8. Gefrierpunkt . . . . .	165
9. Dampfdruck von Festkörpern. . . . .	167
10. Phasendiagramme . . . . .	167
11. Typen von kristallinen Feststoffen . . . . .	169
12. Kristallgitter . . . . .	172
13. Kristallstrukturbestimmung durch Röntgenbeugung . . . . .	174
14. Kristallstrukturen von Metallen . . . . .	176
15. Ionenkristalle . . . . .	180
16. Defektstrukturen . . . . .	182
Zusammenfassung. . . . .	183
Schlüsselworte . . . . .	184
Übungsaufgaben . . . . .	185

**Kapitel 12****Lösungen . . . . . 187**

1. Allgemeine Betrachtungen . . . . .	187
2. Der Auflösungsprozeß . . . . .	188
3. Hydratisierte Ionen . . . . .	189
4. Lösungsenthalpie . . . . .	190
5. Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur . . . . .	192
6. Konzentration von Lösungen . . . . .	193
7. Dampfdruck von Lösungen . . . . .	195
8. Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen . . . . .	197
9. Osmose . . . . .	199
10. Destillation . . . . .	201
11. Elektrolytlösungen . . . . .	202
12. Interionische Wechselwirkungen in Lösungen . . . . .	203
Zusammenfassung. . . . .	204
Schlüsselworte . . . . .	205
Übungsaufgaben . . . . .	205

**Kapitel 13****Reaktionen in wäßriger Lösung . . . . . 209**

1. Metathese-Reaktionen. . . . .	209
2. Oxidationszahlen . . . . .	212
3. Reduktions-Oxidations-Reaktionen . . . . .	214
4. Arrhenius-Säuren und -Basen . . . . .	218
5. Saure und basische Oxide . . . . .	220
6. Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen . . . . .	221
7. Volumetrische Analyse . . . . .	223
8. Äquivalentmasse und Normallösungen . . . . .	224
Zusammenfassung. . . . .	225
Schlüsselworte . . . . .	226
Übungsaufgaben . . . . .	226

**Kapitel 14****Reaktionskinetik . . . . . 229**

1. Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	229
2. Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	231

3. Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	232
4. Einstufige Reaktionen . . . . .	237
5. Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen . . . . .	241
6. Reaktionsmechanismen . . . . .	242
7. Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	245
8. Katalyse . . . . .	246
Zusammenfassung. . . . .	250
Schlüsselworte . . . . .	250
Übungsaufgaben . . . . .	251

**Das chemische Gleichgewicht . . . . . 253**

**Kapitel 15**

1. Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht. . . . .	253
2. Die Gleichgewichtskonstante $K_c$ . . . . .	255
3. Die Gleichgewichtskonstante $K_p$ . . . . .	257
4. Das Prinzip des kleinsten Zwanges . . . . .	258
Zusammenfassung. . . . .	260
Schlüsselworte . . . . .	261
Übungsaufgaben . . . . .	261

**Säuren und Basen . . . . . 263**

**Kapitel 16**

1. Das Arrhenius-Konzept . . . . .	263
2. Das Brönsted-Lowry-Konzept . . . . .	264
3. Die Stärke von Brönsted-Säuren und -Basen. . . . .	265
4. Säurestärke und Molekülstruktur. . . . .	266
5. Das Lewis-Konzept . . . . .	269
6. Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen . . . . .	271
Zusammenfassung. . . . .	272
Schlüsselworte . . . . .	272
Übungsaufgaben . . . . .	273

**Säure-Base-Gleichgewichte . . . . . 275**

**Kapitel 17**

1. Das Ionenprodukt des Wassers. pH-Wert . . . . .	275
2. Schwache Elektrolyte . . . . .	276
3. Indikatoren . . . . .	281
4. Pufferlösungen . . . . .	282
5. Mehrprotonige Säuren . . . . .	284
6. Salze schwacher Säuren und Basen . . . . .	286
7. Säure-Base-Titrationen . . . . .	288
Zusammenfassung. . . . .	291
Schlüsselworte . . . . .	291
Übungsaufgaben . . . . .	292

**Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte 295**

**Kapitel 18**

1. Das Löslichkeitsprodukt. . . . .	295
2. Fällungsreaktionen . . . . .	296

3. Fällung von Sulfiden . . . . .	298
4. Komplexgleichgewichte . . . . .	299
Zusammenfassung. . . . .	302
Schlüsselworte . . . . .	302
Übungsaufgaben . . . . .	303

**Kapitel 19**

<b>Grundlagen der chemischen Thermodynamik . . . . .</b>	<b>305</b>
1. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	305
2. Enthalpie . . . . .	306
3. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	308
4. Die freie Enthalpie . . . . .	310
5. Freie Standard-Enthalpien . . . . .	312
6. Absolute Entropien . . . . .	313
7. Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie . . . . .	314
8. Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten . . . . .	316
Zusammenfassung. . . . .	317
Schlüsselworte . . . . .	318
Übungsaufgaben . . . . .	318

**Kapitel 20**

<b>Elektrochemie . . . . .</b>	<b>321</b>
1. Elektrischer Strom . . . . .	321
2. Elektrolytische Leitung . . . . .	322
3. Elektrolyse . . . . .	323
4. Stöchiometrie bei der Elektrolyse . . . . .	325
5. Galvanische Zellen . . . . .	327
6. Die elektromotorische Kraft . . . . .	328
7. Elektrodenpotentiale . . . . .	330
8. Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft . . . . .	334
9. Konzentrationsabhängigkeit des Potentials . . . . .	335
10. Potentiometrische Titration . . . . .	338
11. Elektrodenpotentiale und Elektrolyse . . . . .	339
12. Korrosion von Eisen . . . . .	340
13. Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch . . . . .	341
14. Brennstoffzellen . . . . .	342
Zusammenfassung. . . . .	343
Schlüsselworte . . . . .	343
Übungsaufgaben . . . . .	344

**Kapitel 21**

<b>Wasserstoff . . . . .</b>	<b>347</b>
1. Vorkommen und physikalische Eigenschaften . . . . .	347
2. Darstellung von Wasserstoff . . . . .	348
3. Chemische Eigenschaft von Wasserstoff . . . . .	349
4. Technische Verwendung von Wasserstoff. . . . .	351
Zusammenfassung. . . . .	352
Schlüsselworte . . . . .	352
Übungsaufgaben . . . . .	352

<b>Die Halogene</b> . . . . .	353	<b>Kapitel 22</b>
1. Eigenschaften der Halogene . . . . .	353	
2. Vorkommen und Darstellung der Halogene . . . . .	355	
3. Interhalogen-Verbindungen . . . . .	358	
4. Halogenwasserstoffe. . . . .	359	
5. Halogenide. . . . .	360	
6. Oxosäuren der Halogene . . . . .	362	
7. Verwendungen der Halogene . . . . .	367	
Zusammenfassung. . . . .	368	
Schlüsselworte . . . . .	368	
Übungsaufgaben . . . . .	368	
<b>Die Edelgase</b> . . . . .	369	<b>Kapitel 23</b>
1. Vorkommen und Gewinnung der Edelgase. . . . .	369	
2. Eigenschaften der Edelgase . . . . .	370	
3. Verwendung der Edelgase . . . . .	371	
Zusammenfassung. . . . .	372	
<b>Die Elemente der sechsten Hauptgruppe</b> . . . . .	373	<b>Kapitel 24</b>
1. Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene . . . . .	373	
2. Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff . . . . .	375	
3. Reaktionen des Sauerstoffs . . . . .	376	
4. Verwendung von Sauerstoff . . . . .	378	
5. Ozon . . . . .	379	
6. Luftverschmutzung . . . . .	379	
7. Schwefel, Selen und Tellur . . . . .	382	
8. Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur . . . . .	383	
9. Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur . . . . .	385	
10. Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV. . . . .	386	
11. Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI. . . . .	388	
12. Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur . . . . .	391	
Zusammenfassung. . . . .	392	
Schlüsselworte . . . . .	392	
Übungsaufgaben . . . . .	392	
<b>Die Elemente der fünften Hauptgruppe</b> . . . . .	393	<b>Kapitel 25</b>
1. Allgemeine Eigenschaften. . . . .	393	
2. Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut. . . . .	395	
3. Der Stickstoffzyklus . . . . .	396	
4. Vorkommen und Darstellung der Elemente der fünften Hauptgruppe . . . . .	397	

5. Nitride und Phosphide . . . . .	398
6. Wasserstoff-Verbindungen. . . . .	399
7. Halogen-Verbindungen . . . . .	402
8. Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs. . . . .	404
9. Oxide und Oxosäuren des Phosphors . . . . .	407
10. Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut . . . . .	410
11. Verwendung der Elemente der fünften Hauptgruppe . . . . .	411
Zusammenfassung. . . . .	412
Schlüsselworte . . . . .	413
Übungsaufgaben . . . . .	413

**Kapitel 26**

**Kohlenstoff, Silicium und Bor . . . . . 415**

1. Allgemeine Eigenschaften der Elemente der vierten Hauptgruppe . . . . .	415
2. Strukturen der Elemente der vierten Hauptgruppe. . . . .	417
3. Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium . . . . .	419
4. Carbide, Silicide und Silane. . . . .	421
5. Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs. . . . .	422
6. Siliciumdioxid und Silicate . . . . .	424
7. Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs . . . . .	427
8. Allgemeine Eigenschaften der Elemente der dritten Hauptgruppe . . . . .	428
9. Elementares Bor. . . . .	429
10. Bor-Verbindungen . . . . .	430
11. Borhydride (Borane) . . . . .	432
Zusammenfassung. . . . .	433
Schlüsselworte . . . . .	434
Übungsaufgaben . . . . .	434

**Kapitel 27**

**Metalle . . . . . 435**

1. Die metallische Bindung . . . . .	435
2. Halbleiter . . . . .	438
3. Physikalische Eigenschaften von Metallen . . . . .	439
4. Vorkommen von Metallen . . . . .	441
5. Metallurgie: Aufbereitung von Erzen. . . . .	442
6. Metallurgie: Reduktion. . . . .	444
7. Metallurgie: Raffination . . . . .	448
8. Die Alkalimetalle . . . . .	450
9. Die Erdalkalimetalle . . . . .	454
10. Die Metalle der dritten Hauptgruppe . . . . .	458
11. Die Metalle der vierten Hauptgruppe . . . . .	460
12. Die Übergangsmetalle . . . . .	463
13. Die Lanthanoiden . . . . .	470
Zusammenfassung. . . . .	471
Schlüsselworte . . . . .	472
Übungsaufgaben . . . . .	473

<b>Komplexverbindungen</b> . . . . .	475	<b>Kapitel 28</b>
1. Struktur von Komplexverbindungen . . . . .	475	
2. Stabilität von Komplexen . . . . .	479	
3. Nomenklatur von Komplexen . . . . .	480	
4. Isomerie . . . . .	481	
5. Die Bindungsverhältnisse in Komplexen. . . . .	483	
Zusammenfassung. . . . .	490	
Schlüsselworte . . . . .	491	
Übungsaufgaben . . . . .	491	
<b>Organische Chemie</b> . . . . .	493	<b>Kapitel 29</b>
1. Alkane . . . . .	494	
2. Alkene . . . . .	500	
3. Alkine . . . . .	501	
4. Aromatische Kohlenwasserstoffe. . . . .	502	
5. Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution. Addition . . . . .	504	
6. Reaktionen der aromatischen Kohlenwasserstoffe. Elektrophile Substitution . . . . .	507	
7. Halogenalkane. Nucleophile Substitution. Eliminierungsreaktionen . . . . .	509	
8. Metallorganische Verbindungen . . . . .	512	
9. Alkohole und Phenole . . . . .	513	
10. Ether . . . . .	516	
11. Carbonyl-Verbindungen . . . . .	517	
12. Carbonsäuren und ihre Derivate. . . . .	521	
13. Amine und Säureamide. . . . .	529	
14. Azoverbindungen . . . . .	532	
15. Heterocyclische Verbindungen. . . . .	533	
16. Makromolekulare Chemie . . . . .	534	
17. Stereochemie organischer Verbindungen . . . . .	539	
Zusammenfassung. . . . .	542	
Schlüsselworte . . . . .	543	
Übungsaufgaben . . . . .	546	
<b>Naturstoffe und Biochemie</b> . . . . .	549	<b>Kapitel 30</b>
1. Terpene . . . . .	550	
2. Kohlenhydrate . . . . .	551	
3. Fette, Öle und Wachse . . . . .	555	
4. Botenstoffe und Vitamine . . . . .	557	
5. Proteine . . . . .	559	
6. Nucleinsäuren . . . . .	563	
7. Enzyme . . . . .	567	
Zusammenfassung. . . . .	570	
Schlüsselworte . . . . .	571	
Übungsaufgaben . . . . .	572	

**Kapitel 31**

<b>Kernchemie</b> . . . . .	573
1. Der Atomkern. . . . .	573
2. Kernreaktionen . . . . .	576
3. Radioaktivität. . . . .	577
4. Messung der Radioaktivität. . . . .	581
5. Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit . . . . .	582
6. Biologische Effekte der radioaktiven Strahlung . . . . .	585
7. Radioaktive Zerfallsreihen . . . . .	587
8. Künstliche Kernumwandlungen . . . . .	589
9. Kernspaltung . . . . .	592
10. Kernfusion . . . . .	596
11. Verwendung von radioaktiven Nucliden . . . . .	597
Zusammenfassung. . . . .	600
Schlüsselworte . . . . .	600
Übungsaufgaben . . . . .	601
<b>Anhang</b> . . . . .	605
A Normalpotentiale . . . . .	606
B Gleichgewichtskonstanten . . . . .	607
C Thermodynamische Daten . . . . .	609
D Mittlere Bindungsenergien . . . . .	610
E Lösungen zu den Übungsaufgaben . . . . .	611
<b>Bildnachweis</b> . . . . .	638
<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	639