

## Einleitung

1.1	Historische Entwicklung der Chemie .....	2
1.2	Elemente, Verbindungen, Gemische .....	6
1.3	Stofftrennung .....	9
1.4	Maßeinheiten .....	11
1.5	Genauigkeit und signifikante Stellen .....	11

## Einführung in die Atomtheorie

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 .....	20
2.6	Atomsymbole .....	21
2.7	Isotope .....	22
2.8	Atommassen .....	23
2.9	Übungsaufgaben .....	25

## Stöchiometrie, Teil I: Chemische Formeln

3.1	Moleküle und Ionen .....	28
3.2	Empirische Formeln .....	30
3.3	Das Mol .....	30
3.4	Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen .....	32
3.5	Ermittlung chemischer Formeln .....	33
3.6	Übungsaufgaben .....	35

## Stöchiometrie, Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen

4.1	Chemische Reaktionsgleichungen .....	38
4.2	Begrenzende Reaktanden .....	41
4.3	Ausbeute bei chemischen Reaktionen .....	42
4.4	Konzentration von Lösungen .....	42
4.5	Übungsaufgaben .....	45

## Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

5.1	Energiemaße .....	48
5.2	Temperatur und Wärme .....	49
5.3	Kalorimetrie .....	49
5.4	Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie .....	50
5.5	Der Satz von Hess .....	53
5.6	Bildungsenthalpien .....	54
5.7	Bindungsenergien .....	57
5.8	Übungsaufgaben .....	59

## Die Elektronenstruktur der Atome

6.1	Elektromagnetische Strahlung .....	63
6.2	Atomspektren .....	64
6.3	Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente .....	67
6.4	Wellenmechanik .....	71
6.5	Quantenzahlen .....	76
6.6	Orbitalbesetzung und die Hund-Regel .....	81
6.7	Die Elektronenstruktur der Elemente .....	84
6.8	Halb- und vollbesetzte Unterschalen .....	88
6.9	Einteilung der Elemente .....	89
6.10	Übungsaufgaben .....	90

## Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung

7.1	Atomgröße .....	94
7.2	Ionisierungsenergien .....	97
7.3	Elektronenaffinitäten .....	99
7.4	Die Ionenbindung .....	101
7.5	Gitterenergie .....	102
7.6	Arten von Ionen .....	105
7.7	Ionenradien .....	107
7.8	Nomenklatur von Ionenverbindungen .....	108
7.9	Übungsaufgaben .....	

## Die kovalente Bindung

8.1	Konzept der kovalenten Bindung .....	112
8.2	Übergänge zwischen Ionenbindung und kovalenter Bindung .....	113
8.3	Elektronegativität .....	116
8.4	Formalladungen .....	118
8.5	Mesomerie (Resonanz) .....	120
8.6	Nomenklatur von binären Molekülverbindungen .....	122
8.7	Übungsaufgaben .....	123

## Molekülgeometrie, Molekülorbitale

9.1	Ausnahmen zur Oktettregel .....	126
9.2	Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülgeometrie .....	126
9.3	Hybridorbitale .....	131
9.4	Molekülorbitale .....	133
9.5	Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen .....	139
9.6	$p\pi$ - $d\pi$ -Bindungen .....	141
9.7	Übungsaufgaben .....	142

## Gase

10.1	Druck .....	144
10.2	Das Avogadro-Gesetz .....	145
10.3	Das ideale Gasgesetz .....	146
10.4	Stöchiometrie und Gasvolumina .....	149
10.5	Die kinetische Gastheorie .....	151
10.6	Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke .....	153
10.7	Molekülgeschwindigkeiten in Gasen .....	154
10.8	Das Graham-Effusionsgesetz .....	156
10.9	Reale Gase .....	157
10.10	Verflüssigung von Gasen .....	159
10.11	Übungsaufgaben .....	161

## Flüssigkeiten und Feststoffe

11.1	Intermolekulare Anziehungskräfte .....	167
11.2	Wasserstoff-Brücken .....	169
11.3	Der flüssige Zustand .....	171
11.4	Verdampfung .....	172
11.5	Dampfdruck .....	173
11.6	Siedepunkt .....	174

11.7	Verdampfungsenthalpie .....	175
11.8	Gefrierpunkt .....	176
11.9	Dampfdruck von Festkörpern .....	177
11.10	Phasendiagramme .....	178
11.11	Arten von kristallinen Feststoffen .....	179
11.12	Kristallgitter .....	181
11.13	Kristallstrukturbestimmung durch Röntgenbeugung .....	184
11.14	Kristallstrukturen von Metallen .....	186
11.15	Ionenkristalle .....	189
11.16	Defektstrukturen .....	192
11.17	Übungsaufgaben .....	193

## Lösungen

12.1	Allgemeine Betrachtungen .....	197
12.2	Der Auflösungsprozeß .....	198
12.3	Hydratisierte Ionen .....	199
12.4	Lösungsenthalpie .....	200
12.5	Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur ...	201
12.6	Konzentration von Lösungen .....	202
12.7	Dampfdruck von Lösungen .....	206
12.8	Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen .....	208
12.9	Osmose .....	210
12.10	Destillation .....	212
12.11	Elektrolytlösungen .....	214
12.12	Interionische Wechselwirkungen in Lösungen .....	215
12.13	Übungsaufgaben .....	216

## Reaktionen in wäßriger Lösung

13.1	Metathese-Reaktionen .....	220
13.2	Oxidationszahlen .....	223
13.3	Reduktions-Oxidations-Reaktionen .....	225
13.4	Arrhenius-Säuren und -Basen .....	229
13.5	Saure und basische Oxide .....	231
13.6	Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen .....	232
13.7	Volumetrische Analyse .....	234
13.8	Äquivalentmasse und Normallösungen .....	236
13.9	Übungsaufgaben .....	239

## Reaktionskinetik

14.1	Reaktionsgeschwindigkeit .....	242
14.2	Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit .....	243
14.3	Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit .....	245
14.4	Einstufige Reaktionen .....	250
14.5	Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen .....	254
14.6	Reaktionsmechanismen .....	255
14.7	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit .....	257
14.8	Katalyse .....	259
14.9	Übungsaufgaben .....	263

## Das chemische Gleichgewicht

15.1	Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht .....	269
15.2	Die Gleichgewichtskonstante $K_c$ .....	270
15.3	Die Gleichgewichtskonstante $K_p$ .....	274
15.4	Das Prinzip des kleinsten Zwanges .....	275
15.5	Übungsaufgaben .....	278

## Säuren und Basen

16.1	Das Arrhenius-Konzept .....	282
16.2	Das Brønsted-Lowry-Konzept .....	282
16.3	Die Stärke von Brønsted-Säuren und -Basen .....	283
16.4	Säurestärke und Molekülstruktur .....	285
16.5	Das Lewis-Konzept .....	287
16.6	Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen .....	289
16.7	Übungsaufgaben .....	291

## Säure-Base-Gleichgewichte

17.1	Das Ionenprodukt des Wassers. pH-Wert .....	294
17.2	Schwache Elektrolyte .....	296
17.3	Indikatoren .....	301
17.4	Pufferlösungen .....	302
17.5	Mehrprotonige Säuren .....	306
17.6	Salze schwacher Säuren und Basen .....	309
17.7	Säure-Base-Titrationen .....	311
17.8	Übungsaufgaben .....	315

## Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte

18.1	Das Löslichkeitsprodukt .....	318
18.2	Fällungsreaktionen .....	320
18.3	Fällung von Sulfiden .....	323
18.4	Komplexgleichgewichte .....	324
18.5	Übungsaufgaben .....	328

## Grundlagen der chemischen Thermodynamik

19.1	Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik .....	332
19.2	Enthalpie .....	333
19.3	Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik .....	335
19.4	Die freie Enthalpie .....	337
19.5	Freie Standard-Enthalpien .....	339
19.6	Absolute Entropien .....	340
19.7	Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie .....	342
19.8	Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten .....	345
19.9	Übungsaufgaben .....	347

## Elektrochemie

20.1	Elektrischer Strom .....	351
20.2	Elektrolytische Leitung .....	351
20.3	Elektrolyse .....	353
20.4	Stöchiometrie bei der Elektrolyse .....	354
20.5	Galvanische Zellen .....	356
20.6	Die elektromotorische Kraft .....	357
20.7	Elektrodenpotentiale .....	359
20.8	Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft .....	363
20.9	Konzentrationsabhängigkeit des Potentials .....	365
20.10	Potentiometrische Titration .....	369
20.11	Elektrodenpotentiale und Elektrolyse .....	370
20.12	Korrosion von Eisen .....	371
20.13	Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch .....	372
20.14	Brennstoffzellen .....	373
20.15	Übungsaufgaben .....	374

## **Wasserstoff**

21.1	Vorkommen und physikalische Eigenschaften .....	378
21.2	Herstellung von Wasserstoff .....	379
21.3	Chemische Eigenschaften des Wasserstoffs .....	380
21.4	Technische Verwendung von Wasserstoff .....	382
21.5	Übungsaufgaben .....	383

## **Die Halogene**

22.1	Eigenschaften der Halogene .....	386
22.2	Vorkommen und Herstellung der Halogene .....	388
22.3	Interhalogen-Verbindungen .....	390
22.4	Halogenwasserstoffe .....	392
22.5	Halogenide .....	393
22.6	Oxosäuren der Halogene .....	394
22.7	Verwendung der Halogene .....	399
22.8	Übungsaufgaben .....	400

## **Die Edelgase**

23.1	Vorkommen und Gewinnung der Edelgase .....	402
23.2	Eigenschaften der Edelgase .....	402
23.3	Verwendung der Edelgase .....	403

## **Die Elemente der 6. Hauptgruppe**

24.1	Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene .....	406
24.2	Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff .....	407
24.3	Reaktionen des Sauerstoffs .....	408
24.4	Verwendung von Sauerstoff .....	411
24.5	Ozon .....	411
24.6	Schwefel, Selen und Tellur .....	412
24.7	Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur .....	413
24.8	Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur ..	414
24.9	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV .....	416
24.10	Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI .....	417
24.11	Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur .....	420
24.12	Übungsaufgaben .....	421

## Die Elemente der 5. Hauptgruppe

25.1	Allgemeine Eigenschaften .....	424
25.2	Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut .....	426
25.3	Der Stickstoffzyklus .....	427
25.4	Vorkommen und Herstellung der Elemente der 5. Hauptgruppe	427
25.5	Nitride und Phosphide .....	429
25.6	Wasserstoff-Verbindungen .....	430
25.7	Halogen-Verbindungen .....	432
25.8	Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs .....	434
25.9	Luftverschmutzung .....	437
25.10	Oxide und Oxosäuren des Phosphors .....	440
25.11	Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut .....	443
25.12	Verwendung der Elemente der 5. Hauptgruppe .....	444
25.13	Übungsaufgaben .....	445

## Kohlenstoff, Silicium und Bor

26.1	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 4. Hauptgruppe	448
26.2	Die Strukturen der Elemente der 4. Hauptgruppe .....	450
26.3	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium .....	452
26.4	Carbide, Silicide und Silane .....	453
26.5	Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs .....	455
26.6	Siliciumdioxid und Silicate .....	456
26.7	Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs ..	459
26.8	Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 3. Hauptgruppe	460
26.9	Elementares Bor .....	461
26.10	Bor-Verbindungen .....	462
26.11	Borane (Borhydride) .....	464
26.12	Übungsaufgaben .....	465

## Metalle

27.1	Die metallische Bindung .....	469
27.2	Halbleiter .....	472
27.3	Physikalische Eigenschaften von Metallen .....	472
27.4	Vorkommen von Metallen .....	474
27.5	Metallurgie: Aufbereitung von Erzen .....	475
27.6	Metallurgie: Reduktion .....	477
27.7	Metallurgie: Raffination .....	483
27.8	Die Alkalimetalle .....	485
27.9	Die Erdalkalimetalle .....	488
27.10	Die Metalle der 3. Hauptgruppe .....	493

27.11	Die Metalle der 4. Hauptgruppe .....	495
27.12	Die Übergangsmetalle .....	497
27.13	Die Lanthanoiden .....	503
27.14	Übungsaufgaben .....	506

## Komplex-Verbindungen

28.1	Struktur von Komplex-Verbindungen .....	510
28.2	Stabilität von Komplexen .....	515
28.3	Nomenklatur von Komplexen .....	516
28.4	Isomerie .....	516
28.5	Die Bindungsverhältnisse in Komplexen .....	519
28.6	Übungsaufgaben .....	526

## Organische Chemie

29.1	Alkane .....	532
29.2	Alkene .....	538
29.3	Alkine .....	539
29.4	Arene .....	540
29.5	Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution, Addition .....	541
29.6	Reaktionen von Arenen, Elektrophile Substitution .....	544
29.7	Halogenalkane, Nucleophile Substitution, Eliminierungsreaktionen .....	547
29.8	Metallorganische Verbindungen .....	549
29.9	Alkohole und Phenole .....	550
29.10	Ether .....	553
29.11	Carbonyl-Verbindungen .....	554
29.12	Carbonsäuren und ihre Derivate .....	558
29.13	Amine und Carbonsäureamide .....	565
29.14	Azo- und Diazo-Verbindungen .....	567
29.15	Heterocyclische Verbindungen .....	569
29.16	Makromolekulare Chemie .....	570
29.17	Stereochemie organischer Verbindungen .....	574
29.18	Übungsaufgaben .....	578

## Naturstoffe und Biochemie

30.1	Terpene .....	583
30.2	Kohlenhydrate .....	585
30.3	Fette, Öle und Wachse .....	588
30.4	Botenstoffe und Vitamine .....	591

30.5	Proteine .....	593
30.6	Nucleinsäuren .....	597
30.7	Enzyme .....	600
30.8	Übungsaufgaben .....	604

## Kernchemie

31.1	Der Atomkern .....	607
31.2	Kernreaktionen .....	608
31.3	Radioaktivität .....	610
31.4	Messung der Radioaktivität .....	615
31.5	Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit .....	617
31.6	Biologische Effekte der radioaktiven Strahlung .....	620
31.7	Radioaktive Zerfallsreihen .....	623
31.8	Künstliche Kernumwandlungen .....	625
31.9	Kernspaltung .....	628
31.10	Kernfusion .....	633
31.11	Verwendung von radioaktiven Nucliden .....	635
31.12	Übungsaufgaben .....	637

## Umgang mit gefährlichen Stoffen

32.1	Einteilung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe .....	642
32.2	Deutsches Gefahrstoffrecht .....	648
32.3	Giftstoffe, Toxikologie .....	654
32.4	Übungsaufgaben .....	658

## Anhang

A	Normalpotentiale .....	660
B	Gleichgewichtskonstanten .....	661
C	Thermodynamische Daten .....	663
D	Mittlere Bindungsenergien .....	664
E	Lösungen zu den Übungsaufgaben .....	665
	Bildnachweis .....	691

<b>Glossar</b> .....	693
<b>Sachverzeichnis</b> .....	715

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