

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XI

TEIL I

Allgemeine und Anorganische Chemie

1	Einführung: Stoffe und Maßeinheiten	3
1.1	Das Studium der Chemie	4
1.2	Einteilung von Stoffen	4
1.3	Eigenschaften von Stoffen	9
1.4	Physikalische und chemische Vorgänge	10
1.5	Trennung von Gemischen	12
1.6	Maßeinheiten	14
1.7	Messunsicherheiten	18
1.8	Dimensionsanalyse	21
2	Atome, Moleküle und Ionen	23
2.1	Die Atomtheorie	24
2.2	Die Entdeckung der Atomstruktur	24
2.3	Die moderne Sichtweise der Atomstruktur	28
2.4	Atommasse	29
2.5	Das Periodensystem der Elemente (PSE)	31
2.6	Ionen und ionische Verbindungen	33
2.7	Molekular aufgebaute Verbindungen und ihre Darstellung in Formeln	36
2.8	Moleküle und molekulare Verbindungen	39
3	Stöchiometrie: Das Rechnen mit chemischen Formeln und Gleichungen	41
3.1	Chemische Gleichungen	42
3.2	Häufig vorkommende chemische Reaktionsmuster	43
3.3	Formelmasse	46
3.4	Die Avogadrokonstante und das Mol	46
3.5	Bestimmung der empirischen Formel aus Analysen	49

3.6 Quantitative Informationen aus Reaktionsgleichungen 51

4 **Reaktionen in Wasser und Stöchiometrie in Lösungen** 55

4.1	Allgemeine Eigenschaften wässriger Lösungen	57
4.2	Fällungsreaktionen	59
4.3	Säure-Base-Reaktionen	62
4.4	Redoxreaktionen	65
4.5	Konzentrationen von Lösungen	69
4.6	Stöchiometrie und chemische Analyse	72

5 **Thermochemie** 75

5.1	Die Natur der Energie	76
5.2	Der Erste Hauptsatz der Thermodynamik	79
5.3	Die Enthalpie, eine Zustandsgröße	83
5.4	Reaktionsenthalpien	85
5.5	Kalorimetrie	87
5.6	Der Hess'sche Satz	91
5.7	Bildungsenthalpien	92
5.8	Nahrungsmittel und Brennstoffe	97

6 **Die elektronische Struktur der Atome** 101

6.1	Die Wellennatur des Lichts	102
6.2	Gequantelte Energien und Photonen	104
6.3	Linienspektren und das Bohr'sche Atommodell	106
6.4	Das wellenartige Verhalten von Materie	109
6.5	Quantenmechanik und Atomorbitale	110
6.6	Darstellung von Orbitalen	113
6.7	Mehr-Elektronen-Atome	116
6.8	Elektronenkonfigurationen	117
6.9	Elektronenkonfigurationen und das Periodensystem (PSE)	122

7 **Periodische Eigenschaften der Elemente** 125

7.1	Entwicklung des Periodensystems	126
7.2	Effektive Kernladung	127
7.3	Größen von Atomen und Ionen	129
7.4	Ionisierungsenergie	132
7.5	Elektronenaffinitäten	135
7.6	Metalle, Nichtmetalle und Halbmetalle	136

v

8	Grundlegende Konzepte der chemischen Bindung	141	13	Eigenschaften von Lösungen	213
8.1	Chemische Bindungen, Lewis-Symbole und die Oktettregel.	142	13.1	Der Lösevorgang.	214
8.2	Ionenbindung	143	13.2	Gesättigte Lösungen und Löslichkeit	217
8.3	Kovalente Bindung	147	13.3	Welche Faktoren beeinflussen die Löslichkeit?	218
8.4	Bindungspolarität und Elektronegativität.	149	13.4	Möglichkeiten für die Angabe von Zusammensetzungen	221
8.5	Valenzstrichformeln zeichnen	152	13.5	Kolligative Eigenschaften	224
8.6	Mesomere Grenzformeln	154	13.6	Kolloide	228
8.7	Ausnahmen von der Oktettregel.	154	14	Chemische Kinetik	231
8.8	Stärken von kovalenten Bindungen.	156	14.1	Faktoren, die die Reaktionsgeschwindigkeit beeinflussen.	232
9	Molekülstruktur und Bindungstheorien	157	14.2	Reaktionsgeschwindigkeiten	233
9.1	Molekülformen	158	14.3	Konzentration und Reaktionsgeschwindigkeit	235
9.2	Das VSEPR-Modell.	159	14.4	Die Änderung der Konzentration mit der Zeit	240
9.3	Molekülform und Molekülpolarität	165	14.5	Temperatur und Reaktionsgeschwindigkeit	244
9.4	Kovalente Bindung und Orbitalüberlappung.	166	14.6	Reaktionsmechanismen.	249
9.5	Hybridorbitale	168	14.7	Katalyse	252
9.6	Mehrfachbindungen	173	15	Chemisches Gleichgewicht	255
9.7	Molekülorbitale.	176	15.1	Der Begriff des Gleichgewichts	257
9.8	Zweiatomige Moleküle der zweiten Periode	178	15.2	Die Gleichgewichtskonstante	258
10	Gase	181	15.3	Interpretation von Gleichgewichtskonstanten	261
10.1	Eigenschaften von Gasen	182	15.4	Heterogene Gleichgewichte	262
10.2	Die ideale Gasgleichung	182	15.5	Berechnung von Gleichgewichtskonstanten	263
10.3	Gasmischungen und Partialdrücke	183	15.6	Aussagen von Gleichgewichtskonstanten	265
10.4	Die kinetische Gastheorie	184	15.7	Das Prinzip von Le Châtelier	268
11	Intermolekulare Kräfte, Flüssigkeiten und Festkörper	187	16	Säure-Base-Gleichgewichte	275
11.1	Ein molekularer Vergleich von Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern	188	16.1	Säuren und Basen: Eine kurze Wiederholung	276
11.2	Intermolekulare Kräfte	189	16.2	Brønsted–Lowry-Säuren und Basen	276
11.3	Eigenschaften von Flüssigkeiten	194	16.3	Die Autoprotolyse von Wasser.	280
11.4	Phasenübergänge	196	16.4	Die pH-Skala	282
11.5	Dampfdruck	199	16.5	Sehr starke Säuren und Basen	284
11.6	Phasendiagramme	200	16.6	Schwächere Säuren.	286
11.7	Strukturen von Festkörpern.	201	16.7	Schwächere Basen	291
11.8	Bindung in Festkörpern.	203	16.8	Die Beziehung zwischen K_S und K_B	291
12	Moderne Werkstoffe	207	16.9	Säure-Base-Eigenschaften von Salzlösungen	293
12.1	Stoffklassen	208	16.10	Säure-Base-Verhalten und chemische Struktur	294
12.2	Weitere Werkstoffe.	212	16.11	Lewis-Säuren und -Basen	296
			17	Weitere Aspekte von Gleichgewichten in wässriger Lösung	299
			17.1	Der Einfluss gleicher Ionen	300
			17.2	Gepufferte Lösungen	300
			17.3	Säure-Base-Titrationen	307

17.4	Fällungsgleichgewichte	314	22.4	Gruppe 7A: Die Halogene	408
17.5	Faktoren, die die Löslichkeit beeinflussen	317	22.5	Sauerstoff	414
17.6	Ausfällen und Trennen von Ionen	323	22.6	Die übrigen Elemente der Gruppe 6A: S, Se, Te und Po	419
18	Umweltchemie	325	22.7	Stickstoff	423
18.1	Die Erdatmosphäre	326	22.8	Die übrigen Elemente der Gruppe 5A: P, As, Sb und Bi	428
18.2	Ozon in der oberen Erdatmosphäre	327	22.9	Kohlenstoff	433
18.3	Chemie der Troposphäre	330	22.10	Die übrigen Elemente der Gruppe 4A: Si, Ge, Sn und Pb	438
18.4	Weltmeere und Süßwasser	336	22.11	Bor	442
19	Chemische Thermodynamik	337	23	Metalle und Metallurgie	445
19.1	Spontane Prozesse	338	23.1	Pyrometallurgie	447
19.2	Entropie und der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik	339	23.2	Hydrometallurgie	449
19.3	Die molekulare Betrachtung der Entropie	341	23.3	Elektrometallurgie	450
19.4	Entropieänderungen bei chemischen Reaktionen	344	23.4	Metallbindung und Legierungen	453
19.5	Freie Enthalpie	346	23.5	Übergangsmetalle	455
19.6	Freie Enthalpie und Temperatur	349	23.6	Chemie ausgewählter Übergangsmetalle (Chrom, Eisen und Kupfer)	458
19.7	Freie Enthalpie und die Gleichgewichtskonstante	351	24	Chemie von Koordinationsverbindungen	461
20	Elektrochemie	355	24.1	Metallkomplexe	462
20.1	Oxidationszahlen	356	24.2	Liganden mit mehr als einem Donoratom	465
20.2	Das Ausgleichen von Redoxgleichungen	357	24.3	Nomenklatur der Koordinationschemie	470
20.3	Galvanische Zellen	361	24.4	Isomerie	471
20.4	Die EMK einer galvanischen Zelle unter Standardbedingungen	365	24.5	Farbe und Magnetismus	474
20.5	Freie Enthalpie und Redoxreaktionen	372	24.6	Kristallfeldtheorie	476
20.6	Die EMK einer galvanischen Zelle unter Nichtstandardbedingungen	375			
20.7	Batterien, Akkumulatoren und Brennstoffzellen	379			
20.8	Korrosion	383			
20.9	Elektrolyse	385			
21	Nuklearchemie	391			
21.1	Radioaktivität	392			
21.2	Radioaktive Zerfallsraten	393			
21.3	Nachweis und Messung von Radioaktivität	396			
21.4	Energieumsatz bei Kernreaktionen	397			
22	Chemie der Nichtmetalle	399			
22.1	Allgemeine Begriffe: Periodische Tendenzen und chemische Reaktionen	400			
22.2	Wasserstoff	402			
22.3	Gruppe 8A: Die Edelgase	406			

TEIL II

Organische Chemie

25	Elektronenstruktur und Bindung · Säuren und Basen	483
25.1	Bindung in Methan und Ethan: Einfachbindungen	484
25.2	Bindung im Ethen: Doppelbindung	487
25.3	Bindung im Ethin: Dreifachbindung	488
25.4	Bindung im Methylkation, im Methylradikal und im Methylanion	490
25.5	Orbitalhybridisierung, Bindungslängen, Bindungsstärken und Bindungswinkel	491

25.6	Organische Säuren und Basen	492	28.3	Die Regioselektivität der elektrophilen Addition	551
25.7	Vorhersage des Resultats von Protonenübertragungsreaktionen	493	28.4	Die Addition von Wasser und die Addition von Alkoholen	552
25.8	Der Einfluss der Struktur auf die Säurestärke	493	28.5	Die Addition von Halogenen	555
25.9	Der Einfluss von Substituenten auf die Säurestärke	496	28.6	Die Addition von Wasserstoff - Die relativen Stabilitäten der Alkene	556
25.10	Einfluss der Elektronendelokalisation	497			
25.11	Der Effekt des pH-Wertes auf die Struktur	498	29	Stereochemie – Anordnung von Atomen im Raum	559
26	Organische Verbindungen: Nomenklatur, physikalische Eigenschaften und die Darstellung von Strukturen	501	29.1	<i>Cis/trans</i> -Isomere	560
26.1	Nomenklatur der Alkylradikale	506	29.2	Chiralität	561
26.2	Nomenklatur der Alkane	508	29.3	Asymmetrisch substituierte Kohlenstoffatome	562
26.3	Nomenklatur der Cycloalkane	511	29.4	Isomere mit einem asymmetrisch substituierten Kohlenstoffatom	562
26.4	Nomenklatur der Halogenalkane	511	29.5	Das Zeichnen von Enantiomeren	563
26.5	Nomenklatur der Ether	512	29.6	Die Benennung von Enantiomeren: Das <i>R, S</i> -System	564
26.6	Nomenklatur der Alkohole	513	29.7	Optische Aktivität	567
26.7	Nomenklatur der Amine	514	29.8	Die Messung einer spezifischen Drehung	569
26.8	Strukturen der Halogenalkane, Alkohole, Ether und Amine	516	29.9	Isomere mit mehr als einem asymmetrisch substituierten Kohlenstoffatom	570
26.9	Physikalische Eigenschaften der Alkane, Halogenalkane, Alkohole, Ether und Amine	517	29.10	Mesoverbindungen	572
26.10	Rotation um Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen	524	30	Reaktionen der Alkine	575
26.11	Cycloalkane: Ringspannung	526	30.1	Nomenklatur der Alkine	576
26.12	Konformationen der Cyclohexane	527	30.2	Die Benennung von Verbindungen mit mehr als einer funktionellen Gruppe	577
27	Alkene – Struktur, Nomenklatur, Reaktivität · Thermodynamik und Kinetik	531	30.3	Die physikalischen Eigenschaften ungesättigter Kohlenwasserstoffe	578
27.1	Summenformeln und der ungesättigte Charakter	532	30.4	Die Struktur der Alkine	579
27.2	Nomenklatur der Alkene	532	30.5	Reaktionsverhalten der Alkine	580
27.3	Die Struktur der Alkene	535	30.6	Addition von Halogenwasserstoffen und von Halogenen an Alkine	580
27.4	<i>Cis/trans</i> -Isomerie	535	30.7	Addition von Wasser an Alkine	582
27.5	Reaktionsverhalten der Alkene	537	30.8	Addition von Wasserstoff	583
27.6	Thermodynamische und kinetische Grundlagen	539	30.9	Azidität eines an ein <i>sp</i> -hybridisiertes Kohlenstoffatom gebundenen Wasserstoffatoms	583
27.7	Reaktionskoordinatendiagramm für die Addition von HBr an But-2-en	545	31	Delokalisierte Elektronen und ihre Effekte auf Stabilität und pK_s-Wert	585
28	Die Reaktionen der Alkene	547	31.1	Delokalisierte Elektronen im Benzol	586
28.1	Die Addition von Halogenwasserstoffen an Alkene	549	31.2	Die Bindung im Benzolmolekül	588
28.2	Die Stabilität von Carbokationen	550	31.3	Mesomere Grenzformeln und der mesomere Zustand	589
			31.4	Das Zeichnen mesomerer Grenzformeln	590

31.5	Die vorhergesagten Stabilitäten von mesomeren Grenzformeln.	593	36.8	Halogenierung des Benzols.	643
31.6	Delokalisationsenergie	594	36.9	Nitrierung des Benzols	645
31.7	Der Effekt der Elektronendelokalisation auf den pK_S -Wert	595	36.10	Sulfonierung des Benzols	645
32	Substitutionsreaktionen der Halogenalkane	599	36.11	Friedel-Crafts-Acylierung des Benzols	646
32.1	Reaktionen der Halogenalkane	600	36.12	Friedel-Crafts-Alkylierung des Benzols.	647
32.2	Der Mechanismus der S_N2 -Reaktion	601	37	Reaktionen substituierter Benzole	649
32.3	Der Mechanismus der S_N1 -Reaktion	606	37.1	Die Nomenklatur disubstituierter Benzole	651
32.4	Die Rolle des Lösemittels bei S_N1 -Reaktionen	608	37.2	Reaktivität eines Benzolrings.	652
33	Eliminierungsreaktionen der Halogenalkane · Konkurrenz zwischen Substitution und Eliminierung	611	37.3	Der Effekt von Substituenten auf die Orientierung	657
33.1	Die E2-Reaktion	612	37.4	Der Effekt von Substituenten auf den pK_S -Wert	660
33.2	Die E1-Reaktion	613	37.5	Mechanismus der Reaktion von Aminen mit salpetriger Säure.	661
33.3	Substitution und Eliminierung in der Synthese	615	37.6	Polyzyklische benzoide Kohlenwasserstoffe.	662
34	Reaktionen der Alkohole	617	38	Carbonylverbindungen I – Die nucleophile Acylsubstitution	665
34.1	Nucleophile Substitution an Alkoholen: Halogenalkanbildung	618	38.1	Die Nomenklatur der Carbonsäuren und Carbonsäurederivate.	667
34.2	Eliminierungsreaktionen von Alkoholen: Dehydratisierung.	620	38.2	Strukturen der Carbonsäuren und Carbonsäurederivate.	672
34.3	Die Oxidation von Alkoholen.	622	38.3	Ausgewählte physikalische Eigenschaften von Carbonylverbindungen.	672
35	Radikale · Reaktionen der Alkane	625	38.4	Reaktionsverhalten der Klasse I-Carbonylverbindungen	674
35.1	Alkane: reaktionsträge Verbindungen	628	38.5	Allgemeiner Mechanismus der nucleophilen Acylsubstitution	675
35.2	Chlorierung und Bromierung der Alkane.	628	38.6	Reaktionen der Säurehalogenide.	676
35.3	Radikalstabilität.	630	38.7	Reaktionen der Säureanhydride.	677
35.4	Radikalische Reaktionen in biologischen Systemen	630	38.8	Reaktionen der Ester.	677
36	Aromatizität · Reaktionen des Benzols.	633	38.9	Säurekatalysierte Esterhydrolyse	678
36.1	Stabilität aromatischer Verbindungen	634	38.10	Basenvermittelte Esterhydrolyse	681
36.2	Die beiden Kriterien für Aromatizität.	636	38.11	Seifen, Detergenzien und Micellen	682
36.3	Anwendung der Aromatizitätskriterien	637	38.12	Reaktionen der Carbonsäuren.	684
36.4	Aromatische Heterozyklen.	638	38.13	Die Hydrolyse von Amidn	686
36.5	Nomenklatur der monosubstituierten Benzole	639	38.14	Dicarbonsäuren und ihre Derivate	687
36.6	Reaktionen des Benzols.	640	39	Aldehyde und Ketone – Vertreter der Carbonylverbindungen II.	689
36.7	Der allgemeine Mechanismus der elektrophilen aromatischen Substitution	642	39.1	Nomenklatur der Aldehyde und Ketone	691
			39.2	Relative Reaktivitäten der Carbonylverbindungen	693
			39.3	Reaktionen von Aldehyden und Ketonen	694

40	Carbonylverbindungen III – Reaktionen am α-Kohlenstoffatom	699	43	Aminosäuren, Peptide und Proteine	731
40.1	Azidität von α -Wasserstoffatomen	700	43.1	Klassifizierung und Nomenklatur der Aminosäuren	733
40.2	Keto-Enol-Tautomerie	702	43.2	Konfiguration der Aminosäuren	737
40.3	Enolisierung	703	43.3	Säure/Base-Eigenschaften der Aminosäuren	737
40.4	Die Aldoladdition	703	43.4	Der isoelektrische Punkt	739
40.5	Die Bildung α, β -ungesättigter Aldehyde und Ketone	705	43.5	Trennung von Aminosäuren	740
41	Weiteres zu Redoxreaktionen	707	43.6	Peptidbindungen und Disulfidbindungen	744
41.1	Reduktionen	710	43.7	Proteinstruktur – Eine Einführung	747
41.2	Oxidation von Alkoholen	710	43.8	Sekundärstruktur von Proteinen	747
41.3	Oxidation von Aldehyden und Ketonen	711	43.9	Tertiärstruktur von Proteinen	749
42	Kohlenhydrate	713	43.10	Quartärstruktur von Proteinen	750
42.1	Klassifizierung der Kohlenhydrate	715	43.11	Proteindenaturierung	751
42.2	Die D-/L-Nomenklatur der Kohlenhydrate	715	44	Lipide	753
42.3	Die Konfigurationen der Aldosen	717	44.1	Fettsäuren: Langkettige Carbonsäuren	754
42.4	Die Konfigurationen der Ketosen	718	44.2	Wachse: Hochmolekulare Ester	756
42.5	Die Stereochemie der Glucose: Der Konfigurationsbeweis von Fischer	719	44.3	Fette und Öle	756
42.6	Halbacetalbildung	720	44.4	Phospholipide und Sphingolipide: Bestandteile biologischer Membranen	758
42.7	Die Stabilität der Glucose	722	45	Nucleoside, Nucleotide und Nucleinsäuren	761
42.8	Glycosidbildung	723	45.1	Nucleoside und Nucleotide	762
42.9	Reduzierende und nichtreduzierende Zucker	725	45.2	Nucleinsäuren	765
42.10	Disaccharide	725	46	Anhang	767
42.11	Polysaccharide	727	A	Normalpotenziale bei 25 °C	768
			B	Thermodynamische Größen ausgewählter Substanzen bei 298,15 K (25 °C)	769
			C	Gleichgewichtskonstanten in wässriger Lösung	771
			D	pK _s -Werte*	774
			E	Sachregister	777
			F	Bildnachweis	785