

Chemie

Das Basiswissen
der Chemie

Charles E. Mortimer
Ulrich Müller

10., überarbeitete Auflage

406 Abbildungen

545 Formelbilder

128 Tabellen



Thieme

Inhalt

Einleitung

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

Einführung in die Atomtheorie

15

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

Stöchiometrie, Teil I: Chemische Formeln

25

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

Stöchiometrie, Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen

35

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

Energieumsatz bei chemischen Reaktionen 45

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

Die Elektronenstruktur der Atome 59

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

Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung 89

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

8 Die kovalente Bindung 107

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

9	Molekülstruktur, Molekülorbitale	121
9.1	Ausnahmen zur Oktettregel	722
9.2	Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülstruktur	723
9.3	Hybridorbitale	727
9.4	Molekülorbitale	730
9.5	Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen	134
9.6	Deiokalisierte Bindungen	735
9.7	Stark polare kovalente Bindungen	740
9.8	Hypervalente Atome	747
9.9	Die metallische Bindung	742
9.10	Halbleiter	745
	Übungsaufgaben	746
10	Gase	149
10.1	Druck	750
10.2	Das Avogadro-Gesetz	753
10.3	Das ideale Gasgesetz	752
10.4	Stöchiometrie und Gasvolumina	755
10.5	Die kinetische Gastheorie	756
10.6	Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke	758
10.7	Molekülgeschwindigkeiten in Gasen	760
10.8	Das Graham-Effusionsgesetz	767
10.9	Reale Gase	762
10.10	Verflüssigung von Gasen	764
	Übungsaufgaben	166
11	Flüssigkeiten	169
11.1	Intermolekulare Anziehungskräfte	770
11.2	Wasserstoff-Brücken	772
11.3	Der flüssige Zustand	774
11.4	Verdampfung	775
11.5	Dampfdruck	776
11.6	Siedepunkt	777
11.7	Verdampfungsenthalpie	178
11.8	Gefrierpunkt	178
11.9	Dampfdruck von Festkörpern	779
11.10	Phasendiagramme	780
	Übungsaufgaben	182
12	Feststoffe	183
12.1	Arten von kristallinen Feststoffen	784
12.2	Kristallstruktur und Symmetrie	788
12.3	Kristallstrukturen von Metallen	190
12.4	Ionenkristalle	792
12.5	Defektstrukturen	795
12.6	Flüssigkristalle	796
12.7	Nanostrukturen	797
	Übungsaufgaben	799

13	Strukturaufklärung	201
13.1	Röntgenbeugung	202
13.2	Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie	206
	Übungsaufgaben	270
14	Lösungen	211
14.1	Allgemeine Betrachtungen	272
14.2	Der Auflösungsprozess	273
14.3	Hydratisierte Ionen	274
14.4	Lösungsenthalpie	275
14.5	Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur	277
14.6	Konzentration von Lösungen	278
14.7	Dampfdruck von Lösungen	227
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	237
14.14	Tenside und Mizellen	232
14.15	Ionische Flüssigkeiten	233
	Übungsaufgaben	234
15	Reaktionen in wässriger Lösung	237
15.1	Metathese-Reaktionen	238
15.2	Oxidationszahlen	247
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	257
15.8	Äquivalentmasse und Äquivalentkonzentration	253
	Übungsaufgaben	255
16	Reaktionskinetik	257
16.1	Reaktionsgeschwindigkeit	258
16.2	Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	259
16.3	Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	267
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

17	Das chemische Gleichgewicht	279
17.1	Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht	280
17.2	Die Gleichgewichtskonstante K_c	287
17.3	Die Gleichgewichtskonstante K_p	285
17.4	Das Prinzip des kleinsten Zwanges	286
	Übungsaufgaben	289
18	Säuren und Basen	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	307
19	Säure-Base-Gleichgewichte	303
19.1	Das Ionenprodukt des Wassers, pH-Wert	304
19.2	Schwache Elektrolyte	306
19.3	Indikatoren	377
19.4	Pufferlösungen	372
19.5	Mehrprotonige Säuren	376
19.6	Salze schwacher Säuren und Basen	379
19.7	Säure-Base-Titrationen	327
19.8	Erweiterung des Säure-Base-Konzepts auf Festkörper	324
	Übungsaufgaben	325
20	Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte	329
20.1	Das Löslichkeitsprodukt	330
20.2	Fällungsreaktionen	332
20.3	Fällung von Sulfiden	335
20.4	Komplex-Gleichgewichte $\bullet \bullet$	336
	Übungsaufgaben	339
21	Grundlagen der chemischen Thermodynamik	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	357
21.8	Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten	353
	Übungsaufgaben	355

22	Elektrochemie	357
22.1	Elektrischer Strom	358
22.2	Elektrolytische Leitung	359
22.3	Elektrolyse	360
22.4	Stöchiometrische Gesetze bei der Elektrolyse	367
22.5	Galvanische Zellen	364
22.6	Die elektromotorische Kraft	365
22.7	Elektrodenpotenziale	366
22.8	Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft	377
22.9	Konzentrationsabhängigkeit des Potenzials	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	387
22.15	Brennstoffzellen	383
	Übungsaufgaben	384
23	Wasserstoff	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
24	Die Halogene	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	407
24.6	Oxosäuren der Halogene	402
24.7	Verwendung der Halogene	407
	Übungsaufgaben	408
25	Die Edelgase	409
25.1	Vorkommen und Gewinnung der Edelgase	409
25.2	Eigenschaften der Edelgase	470
25.3	Verwendung der Edelgase	477

26	Die Elemente der 6. Hauptgruppe (Gruppe 16)	413
26.1	Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene	474
26.2	Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff	475
26.3	Reaktionen des Sauerstoffs	436
26.4	Verwendung von Sauerstoff	479
26.5	Ozon	479
26.6	Schwefel, Selen und Tellur	420
26.7	Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur	427
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
27	Die Elemente der 5. Hauptgruppe (Gruppe 15)	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
21	& Wasserstoff-Verbindungen	438
27.7	Halogen-Verbindungen	440
27.8	Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs	447
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
28	Kohlenstoff, Silicium und Bor	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	467
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	477
28.10	Bor-Verbindungen	472
28.11	Borane (Borhydride)	474
	Übungsaufgaben	475

29	Metalle	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	497
29.7	Die Erdalkalimetalle	494
29.8	Die Metalle der 3. Hauptgruppe	498
29.9	Die Metalle der 4. Hauptgruppe ••	507
29.10	Die Übergangsmetalle	503
29.11	Die Lanthanoide	509
	Übungsaufgaben	577
30	Komplex-Verbindungen	513
30.1	Struktur von Komplex-Verbindungen	574
30.2	Stabilität von Komplexen	578
30.3	Nomenklatur von Komplexen	579
30.4	Isomerie	520
30.5	Die Bindungsverhältnisse in Komplexen	523
	Übungsaufgaben	537
31	Organische Chemie, Teil I: Kohlenwasserstoffe	533
31.1	Allane	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	557
32	Organische Chemie, Teil II: Funktionelle Gruppen	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	587
	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	607

34 Naturstoffe und Biochemie --- **603**

34.1	Terpene	605
34.2	Kohlenhydrate	607
34.3	Fette, Öle und Wachse	677
34.4	Botenstoffe, Hormone und Vitamine	673
34.5	Natürliche Farbstoffe	676
34.6	Proteine	679
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

Umgang mit gefährlichen Stoffen 669

36.1	Einteilung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe	670
36.2	Europäisches Gefahrstoffrecht	675
36.3	Giftstoffe, Toxikologie	687
	Übungsaufgaben	686

Anhang 687

A	Normalpotenziale	688
B	Gleichgewichtskonstanten	689
C	Thermodynamische Daten	697
D	Mittlere Bindungsenergien	692
E	Lösungen zu den Übungsaufgaben	693

Glossar727

Sachverzeichnis745

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