

Chemie

Das Basiswissen der Chemie

Charles E. Mortimer
Ulrich Müller

Mit Beiträgen von Johannes Beck

12., korrigierte und aktualisierte Auflage

410 Abbildungen
545 Formelbilder

Georg Thieme Verlag
Stuttgart • New York

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	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	6	Die Elektronenstruktur der Atome	72
1.6	Mittelwert und Standardabweichung	30	6.1	Elektromagnetische Strahlung	73
	Übungsaufgaben	31	6.2	Atomspektren	74
2	Einführung in die Atomtheorie . . .	32	6.3	Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente	77
2.1	Die Dalton-Atomtheorie	32	6.4	Wellenmechanik	80
2.2	Das Elektron	33	6.5	Quantenzahlen	84
2.3	Das Proton	34	6.6	Orbitalbesetzung und die Hund-Regel	88
2.4	Das Neutron	35	6.7	Die Elektronenstruktur der Elemente	91
2.5	Aufbau der Atome	35	6.8	Halb- und vollbesetzte Unterschalen	93
2.6	Atomsymbole	37	6.9	Einteilung der Elemente	96
2.7	Isotope	37		Übungsaufgaben	96
2.8	Atommassen	38	7	Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung	98
	Übungsaufgaben	40	7.1	Atomgröße	99
3	Stöchiometrie Teil I: Chemische Formeln	41	7.2	Ionisierungsenergien	101
3.1	Moleküle und Ionen	41	7.3	Elektronenaffinitäten	103
3.2	Empirische Formeln	43	7.4	Die Ionenbindung	105
3.3	Das Mol	43	7.5	Gitterenergie	106
3.4	Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen	45	7.6	Arten von Ionen	108
3.5	Ermittlung chemischer Formeln	46	7.7	Ionenradien	110
	Übungsaufgaben	47	7.8	Nomenklatur von Ionenverbindungen	112
4	Stöchiometrie Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen	50		Übungsaufgaben	113
4.1	Chemische Reaktionsgleichungen	50	8	Die kovalente Bindung	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 kovalenter Bindung	117
4.4	Konzentration von Lösungen	54	8.3	Elektronegativität	119
	Übungsaufgaben	56	8.4	Formalladungen	121
5	Energieumsatz bei chemischen Reaktionen	59	8.5	Mesomerie (Resonanz)	123
5.1	Energiemaße	60	8.6	Nomenklatur von binären Molekülverbindungen	125
5.2	Temperatur und Wärme	60		Übungsaufgaben	125
5.3	Kalorimetrie	61			

9	Molekülstruktur, Molekülorbitale	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	13	Strukturaufklärung	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	14	Lösungen	207
	Übungsaufgaben	149	14.1	Allgemeine Betrachtungen	208
10	Gase	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
11	Flüssigkeiten	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	15	Reaktionen in wässriger Lösung	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
12	Feststoffe	181		Übungsaufgaben	246
12.1	Arten von kristallinen Feststoffen	182			
12.2	Kristallstruktur und Symmetrie	183			

16	Reaktionskinetik	248	20	Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte	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	21	Grundlagen der chemischen Thermodynamik	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
17	Das chemische Gleichgewicht	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
18	Säuren und Basen	279	22	Elektrochemie	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
19	Säure-Base-Gleichgewichte	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	Potenziometrische 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			

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

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

Anhang

Normalpotenziale bei 25 °C

Gleichgewichtskonstanten bei 25 °C

Thermodynamische Daten
bei 25 °C

631

632

633

635

D

E

Mittlere Bindungsenergien

Lösungen zu den Übungsaufgaben

Glossar

Sachverzeichnis