

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Grundlegende Konstanten	XVII
Verzeichnis häufig verwendeter Symbole und Abkürzungen	XVIII
Hinweis auf einige Tabellen	XX

0 Einleitung

1



Allgemeine Chemie

1 Reine Stoffe und ihre Benennung

7

1.1 Reine Stoffe	7
1.1.1 Die chemischen Elemente	7
1.1.2 Der Molbegriff	8
1.1.3 Chemische Verbindungen	9
1.2 Nomenklatur der Chemie	10
1.2.1 Chemische Formeln	10
1.2.2 Namen der Elemente und anorganischen Verbindungen	12

2 Zustandsformen reiner Stoffe

17

2.1 Der Aggregatzustand	17
2.2 Der Phasenbegriff in der Chemie	18
2.3 Phasengesetz und Phasendiagramm für reine Stoffe	21

3 Stoffgemische

25

3.1 Klassifizierung nach der Mischbarkeit	25
3.2. Trennung von Gemischen	26
3.3 Gehaltsangaben von Gemischen	28
3.3.1 Zusammensetzungsgrößen	28
3.3.2 Herstellen einer definierten Säurelösung	30

4 Stöchiometrie

33

4.1 Reaktionsgleichungen, stöchiometrisches Rechnen	33
4.2 Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz (Einführung)	37

5 Atombau

41

5.1 Der Atombegriff in der Chemie, Atombausteine	41
5.2 Aufbau der Elektronenhülle	43
5.3 Das Periodensystem der Elemente (PSE).....	46
5.3.1 Geschichtliches.....	46
5.3.2 Reihenfolge der Energieniveaus, Elektronenkonfiguration	46
5.3.3 Eigenschaften der Elemente und ihre Stellung im PSE	49

6 Chemische Bindung

53

6.1 Wellenmechanisches Atommodell, kovalente Bindung.....	53
6.1.1 Der Orbital-Begriff und seine Veranschaulichung	53
6.1.2 Bindungskriterien (Abstand, Symmetrie, Energie).....	54
6.1.3 Bindungen gemäß der Valenzbindungs- (VB) und der Molekülorbital-Theorie (MO).....	56
6.2 Valenzybridisierung.....	59
6.2.1 sp^3 -Hybridisierung, Methan und Ethan	59
6.2.2 Andere Hybridisierungs-Typen	60
6.3 Bindungsrelevante Atomeigenschaften.....	61
6.3.1 Ionisierungsenergie E_I , Elektronenaffinität E_A	61
6.3.2 Elektronegativität.....	63
6.4 Wertigkeits- und Bindungsbegriffe	65
6.4.1 Übersicht und Beispiele	65
6.4.2 Die Oxidationszahl OZ	67
6.4.3 Mesomerie (Resonanz)	68
6.5 Typen der chemischen Bindung (Kurzcharakteristik).....	69

7 Symmetrie, Struktur und Eigenschaften

75

7.1 Symmetrie von Kristallgittern und Molekülen.....	75
7.1.1 Symmetrie von Kristallen	76
7.1.2 Symmetrie von Molekülen.....	81
7.1.3 VSEPR-Konzept und Molekülstruktur	83
7.2 Strukturen der chemischen Elemente	85
7.2.1 Dichte Kugelpackungen, Metallstrukturen	85
7.2.2 Strukturen der Nicht- und Halbmetalle, (8-N)-Regel.....	87
7.3 Strukturtypen anorganischer Verbindungen.....	89
7.3.1 Ionengitter.....	90
7.3.2 Strukturen beim Vorliegen polarer kovalenter Bindungen	93
7.3.3 Zur Problematik von Atom- und Ionenradien	95
7.4 Ausgewählte Eigenschaften von Feststoffen.....	96
7.4.1 Gitterenergie	96
7.4.2 Thermische und mechanische Eigenschaften	99
7.4.3 Elektrische Leitfähigkeit	100
7.4.4 Ausgewählte optische Eigenschaften	103

8 Thermochemie (Chemische Thermodynamik I)

105

8.1 Einführung	105
8.2 Grundbegriffe und Definitionen.....	107

8.2.1 Thermodynamisches System.....	107
8.2.2 Thermodynamischer Zustand, Zustandsgrößen	109
8.2.3 Thermodynamisches System unter Normalbedingungen.....	111
8.2.4 Zustandsfunktion, Zustandsvariable.....	112
8.3 Enthalpie und 1. Hauptsatz	114
8.3.1 Erster Hauptsatz Thermodynamik, Innere Energie, Enthalpie.....	114
8.3.2 Reaktions- und Bildungsenthalpien, der Satz von Hess.....	116
8.3.3 Bindungsenthalpien.....	121
8.3.4 Enthalpieänderungen bei Phasenumwandlungen	122
9 Siede- und Schmelzdiagramme von binären Gemischen	129
9.1 Siedediagramme	129
9.2 Schmelzdiagramme	132
10 Entropie und Zweiter Hauptsatz (Chemische Thermodynamik II)	135
10.1 Der Entropiebegriff	135
10.1.1 Thermodynamische Definition der Entropie.....	136
10.1.2 Statistische Interpretation der Entropie	138
10.2 Triebkraft chemischer Reaktionen	139
10.2.1 Freie Enthalpie, Gibbs-Helmholtz-Gleichung.....	140
10.2.2 Ein Rechenbeispiel zum Ablauf chemischer Reaktionen	141
11 Elektrochemie, chemisches Gleichgewicht und Thermodynamik	145
11.1 Standardpotential E° , Zellspannung ΔV	145
11.1.1 Standardelektrodenpotential und Zellspannung	146
11.1.2 Spannungsreihe und Redoxpotentiale	147
11.2 Elektrochemische Zellen (Entladen und Aufladen).....	150
11.2.1 Galvanische Elemente.....	151
11.2.2 Elektrolysezellen.....	152
11.2.3 Metallkorrosion.....	153
11.3 Die Nernstsche Gleichung.....	154
11.4 Potentiometrie und ihre analytische Anwendung	155
11.5 Zellspannung ΔV und Thermodynamik	157
11.5.1 Zellspannung ΔV und Gleichgewichtskonstante K_{eq}	157
11.5.2 Zellspannung ΔV , Gleichgewichtskonstante K_{eq} und freie Reaktionsenthalpie $\Delta_f G$	159
12 Säure-Base-Reaktionen (Gleichgewichte in wäßrigen Lösungen I)	163
12.1 Ionenreaktionen, Säure-Base-Konzepte (Überblick).....	163
12.2 Wasser im Brønsted/Lowry-Konzept	165
12.2.1 Wasser als Ampholyt, Ionenprodukt des Wassers	165
12.2.2 Der pH-Begriff nach Sørensen.....	166
12.3 Säurestärke und Dissoziationsgrad.....	167
12.4 Säure-Base-Titrationen	170
12.5 Das Arrhenius-Konzept im Chemie-Alltag	173

13 Fällung und Komplexbildung (Gleichgewichte II)

177

13.1 Fällungsreaktionen	177
13.1.1 Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt	177
13.1.2 Fällungstitrationen	180
13.1.3 Überlagerung von Säure-Base- und Fällungsreaktionen	181
13.2 Komplexbildungsreaktionen	182
13.2.1 Stabilitätskonstanten von Metallkomplexen	183
13.2.2 Der Chelateffekt	185
13.2.3 Komplexometrische Titrationen	187
13.2.4 Einfluß von Säure-Base- und/oder Fällungsreaktionen	188

14 Redoxreaktionen (Gleichgewichte III)

191

14.1 Korrespondierende Redoxpaare, Redoxgleichungen	191
14.2 Redoxamphoterie	194
14.3 Redoxtitrationen	195

15 Chemische Kinetik (Reaktionskinetik)

197

15.1 Die Reaktionsgeschwindigkeit (RG)	198
15.2 Die Reaktionsordnung	200
15.3 Aktivierungsenergie	204
15.4 Katalyse	206
15.5 Reaktionsmechanismen	209

Anorganische Chemie

16 Einführung

215

17 18. Gruppe (VIII. Hauptgruppe) Edelgase

Helium He, Neon Ne, Argon Ar, Krypton Kr, Xenon Xe, Radon Rn 217

17.1 Vergleichende Übersicht	217
17.1.1 Chemisches Verhalten	217
17.1.2 Vorkommen	217
17.2 Elemente und Verbindungen	218

18 Wasserstoff H

219

18.1 Vergleichende Übersicht	219
18.1.1 Chemisches Verhalten	219
18.1.2 Vorkommen	219
18.2 Das Element	220
18.3 Die Verbindungen	222

19	1. Gruppe (I. Hauptgruppe) Alkalimetalle Lithium Li, Natrium Na, Kalium K, Rubidium Rb, Cäsium Cs, Francium Fr	225
19.1	Vergleichende Übersicht	225
19.1.1	Chemisches Verhalten.....	225
19.1.2	Vorkommen	226
19.2	Die Elemente.....	227
19.3	Die Verbindungen	227
20	2. Gruppe (II. Hauptgruppe) Erdalkalimetalle Beryllium Be, Magnesium Mg, Calcium Ca, Strontium Sr, Barium Ba, Radium Ra	231
20.1	Vergleichende Übersicht	231
20.1.1	Chemisches Verhalten.....	231
20.1.2	Vorkommen	232
20.2	Die Elemente.....	232
20.3	Die Verbindungen	233
21	13. Gruppe (III. Hauptgruppe) Bor B, Aluminium Al, Gallium Ga, Indium In, Thallium Tl	237
21.1	Vergleichende Übersicht	237
21.1.1	Chemisches Verhalten.....	237
21.1.2	Vorkommen	238
21.2	Bor	239
21.2.1	Das Element	239
21.2.2	Die Verbindungen.....	239
21.3	Aluminium	243
21.3.1	Das Element	243
21.3.2	Die Verbindungen.....	244
21.4	Gallium, Indium, Thallium	246
22	14. Gruppe (IV. Hauptgruppe) Kohlenstoff C, Silicium Si, Germanium Ge, Zinn Sn, Blei Pb	249
22.1	Vergleichende Übersicht	249
22.1.1	Chemisches Verhalten.....	249
22.1.2	Vorkommen	250
22.2	Kohlenstoff.....	251
22.2.1	Das Element	251
22.2.2	Die Verbindungen.....	253
22.3	Silicium	255
22.3.1	Das Element	255
22.3.2	Die Verbindungen.....	256
22.4	Germanium, Zinn, Blei	259
22.4.1	Die Elemente.....	259
22.4.2	Die Verbindungen	260

23 15. Gruppe (V. Hauptgruppe)

Stickstoff N, Phosphor P, Arsen As, Antimon Sb, Bismut Bi

263

23.1 Vergleichende Übersicht.....	263
23.1.1 Chemisches Verhalten	263
23.1.2 Vorkommen	264
23.2 Stickstoff.....	265
23.2.1 Das Element.....	265
23.2.2 Die Verbindungen.....	265
23.3 Phosphor	272
23.3.1 Das Element.....	272
23.3.2 Die Verbindungen.....	273
23.4 Arsen, Antimon, Bismut	276
23.4.1 Die Elemente	276
23.4.2 Die Verbindungen.....	277

24 16. Gruppe (VI. Hauptgruppe) Chalkogene

Sauerstoff O, Schwefel S, Selen Se, Tellur Te, Polonium Po

279

24.1 Vergleichende Übersicht.....	279
24.1.1 Chemisches Verhalten	279
24.1.2 Vorkommen	280
24.2 Sauerstoff.....	282
24.2.1 Das Element.....	282
24.2.2 Die Verbindungen.....	284
24.3 Schwefel	290
24.3.1 Das Element.....	290
24.3.2 Die Verbindungen.....	292
24.4 Selen, Tellur, Polonium	296
24.4.1 Die Elemente	296
24.4.2 Die Verbindungen.....	297

25 17. Gruppe (VII. Hauptgruppe) Halogene

Fluor F, Chlor Cl, Brom Br, Iod I, Astat At

299

25.1 Vergleichende Übersicht.....	299
25.1.1 Chemisches Verhalten	299
25.1.2 Vorkommen	300
25.2 Fluor.....	301
25.2.1 Das Element.....	301
25.2.2 Die Verbindungen.....	302
25.3 Chlor, Brom, Iod, Astat.....	303
25.3.1 Die Elemente	303
25.3.2 Die Verbindungen.....	305

26 3. Gruppe (III. Nebengruppe)

Scandium Sc, Yttrium Y, Lanthan La, Actinium Ac

311

26.1 Vergleichende Übersicht.....	311
26.1.1 Chemisches Verhalten	311
26.1.2 Vorkommen	312

26.2 Die Elemente.....	312
26.3 Die Verbindungen	312
27 Lanthanoide	
Cer Ce, Praseodym Pr, Neodym Nd, Promethium Pm, Samarium Sm, Europium Eu, Gadolinium Gd, Terbium Tb, Dysprosium Dy, Holmium Ho, Erbium Er, Thulium Tm, Ytterbium Yb, Lutetium Lu	
	315
27.1 Vergleichende Übersicht.....	315
27.1.1 Chemisches Verhalten.....	315
27.1.2 Vorkommen	317
27.2 Elemente und Verbindungen.....	317
28 Die 1. Reihe der Übergangselemente	
Titan Ti, Vanadium V, Chrom Cr, Mangan Mn, Eisen Fe, Cobalt Co, Nickel Ni	
	319
28.1 Vergleichende Übersicht.....	319
28.1.1 Chemisches Verhalten.....	319
28.1.2 Vorkommen	320
28.2 Die Elemente.....	321
28.3 Die Verbindungen	325
28.3.1 Titan.....	325
28.3.2 Vanadium.....	325
28.3.3 Chrom	326
28.3.4 Mangan	328
28.3.5 Eisen	329
28.3.6 Cobalt	331
28.3.7 Nickel.....	332
29 Die 2. und 3. Reihe der Übergangselemente	
Zirconium Zr, Hafnium Hf, Niobium Nb, Tantal Ta, Molybdän Mo, Wolfram W, Technetium Tc, Rhenium Re	
	335
29.1 Vergleichende Übersicht.....	335
29.1.1 Chemisches Verhalten.....	335
29.1.2 Vorkommen	336
29.2 Die Elemente.....	336
29.3 Die Verbindungen	338
29.3.1 Zirconium, Hafnium.....	338
29.3.2 Niobium, Tantal	338
29.3.3 Molybdän, Wolfram.....	339
29.3.4 Technetium, Rhenium.....	339
30 Die Platinmetalle	
Ruthenium Ru, Osmium Os, Rhodium Rh, Iridium Ir, Palladium Pd, Platin Pt	
	341
30.1 Vergleichende Übersicht.....	341

30.1.1 Chemisches Verhalten	341
30.1.2 Vorkommen	342
30.2 Die Elemente	342
30.3 Die Verbindungen.....	344

31 11. Gruppe (I. Nebengruppe) Kupfer Cu, Silber Ag, Gold Au 347

31.1 Vergleichende Übersicht.....	347
31.1.1 Chemisches Verhalten	347
31.1.2 Vorkommen	348
31.2 Die Elemente	348
31.3 Die Verbindungen.....	350
31.3.1 Kupfer.....	350
31.3.2 Silber.....	351
31.3.3 Gold	351

32 12. Gruppe (II. Nebengruppe) Zink Zn, Cadmium Cd, Quecksilber Hg 353

32.1 Vergleichende Übersicht.....	353
32.1.1 Chemisches Verhalten	353
32.1.2 Vorkommen	354
32.2 Die Elemente	354
32.3 Die Verbindungen.....	355
32.3.1 Zink, Cadmium	355
32.3.2 Quecksilber.....	356

33 Kernreaktionen 359

33.1 Natürliche Radioaktivität	359
33.2 Künstliche Radioaktivität.....	360
33.3 Kernenergie.....	361
33.4 Radioaktivität und Leben.....	362

34 Actinoide Thorium Th, Protactinium Pa, Uran U, Neptunium Np, Plutonium Pu, Americium Am, Curium Cm, Berkelium Bk, Californium Cf, Einsteinium Es, Fermium Fm, Mendelevium Md, Nobelium No, Lawrencium Lr 363

34.1 Vergleichende Übersicht.....	363
34.1.1 Chemisches Verhalten	363
34.1.2 Vorkommen	364
34.2 Die Elemente	364
34.3 Die Verbindungen.....	365



35 Einführung

369

35.1 Was ist „Organische Chemie“?	369
35.2 „Organische Chemie interessiert mich nicht!“	369
35.3 Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindung.....	370

36 Wichtige Stoffklassen in der Organischen Chemie

373

36.1 Kohlenwasserstoffe (Isomerie, Konstitution und Konfiguration, Konformation, Nomenklatur)	373
36.1.1 Alkane und Cycloalkane – Konstitution und Nomenklatur.....	373
36.1.2 Alkane und Cycloalkane – Konformation.....	378
36.1.3 Alkane und Cycloalkane – Physikalische und chemische Eigenschaften	379
36.1.4 Alkene und Cycloalkene – Aufbau und Nomenklatur	381
36.1.5 Alkene und Cycloalkene – Physikalische und chemische Eigenschaften	382
36.1.6 Alkine	384
36.1.7 Aromatische Kohlenwasserstoffe – Aufbau und Nomenklatur	385
36.1.8 Aromatische Kohlenwasserstoffe – Physikalische und chemische Eigenschaften	387
36.2 Verbindungen mit einwertigen funktionellen Gruppen	391
36.2.1 Alkanole (Alkohole)	391
36.2.2 Phenole (Hydroxyarene)	395
36.2.3 Ether.....	398
36.2.4 Amine	400
36.2.5 Halogenkohlenwasserstoffe	403
36.3 Carbonylverbindungen und Analoga.....	408
36.3.1 Aldehyde und Ketone	408
36.3.2 Carbonsäuren	414
36.3.3 Carbonsäureester.....	418
36.3.4 Carbonsäureanhydride und -halogenide.....	420
36.3.5 Carbonsäureamide.....	423
36.3.6 Carbonsäurenitrile.....	425
36.3.7 Nitroverbindungen	426

37 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen

431

37.1 Flüchtigkeit und Löslichkeit organischer Verbindungen	431
37.2 Wasserstoff-Brücken-Bindungen	433
37.3 Chemische Reaktionen – Elektrophilie und Nucleophilie.....	435
37.4 Säure-Base-Reaktionen in der organischen Chemie.....	438
37.5 Organische Metallkomplex-Verbindungen (Koordinationsverbindungen)	440
37.6 Sterische Effekte	441
37.7 Umweltverhalten von Stoffen – allgemeine Regeln, wichtige Begriffe	443

38 Heterocyclen und Naturstoffe

445

38.1 Heterocyclen	445
38.2 Was ist linksdrehende Milchsäure? Hydroxycarbonsäuren, Chiralität.....	449
38.3 Aminosäuren, Proteine	453

38.3.1 Aminosäuren.....	453
38.3.2 Proteine.....	456
38.4 Fette, Lipide.....	459
38.5 Kohlenhydrate.....	462
38.6 Nucleinsäuren.....	468

39

Wirtschaftlich bedeutende und umweltrelevante organische Verbindungen

477

39.1 Die Herstellung organischer Verbindungen.....	477
39.2 Kunststoffe.....	479
39.3 Tenside.....	484
39.4 Chlororganische Verbindungen	488
39.4.1 Herstellung und Anwendung chlororganischer Verbindungen	488
39.4.2 Spezielle Chlorkohlenwasserstoffe (CKW)	490

40

Einführung in die Chromatographie

499

40.1 Verteilung, Absorption, Adsorption.....	499
40.2 Das Prinzip der chromatographischen Trennung	500
40.3 Planar-Chromatographie	501
40.4 Säulenchromatographie (SC)	505

41

Grundlegende Probleme der Analytischen Chemie

509

41.1 Validierung einer Analysenmethode.....	509
41.2 Probennahme und Probenvorbereitung	512
41.3 Zuverlässigkeit und Aussagekraft von Analysenwerten	513

42

Literatur

515

42.1 Ausgewählte Buchtitel zur Chemie.....	515
42.2 Große Chemie-Nachschlagewerke, Referateorgane	521
42.3 Chemie im Internet	523

Lösungen zu den Aufgaben

525

Register

555