

Inhaltsverzeichnis

Teil I

Allgemeine Chemie	1
1 Chemische Elemente und chemische Grundgesetze	3
Verbreitung der Elemente	4
Chemische Grundgesetze	5
2 Aufbau der Atome	7
2.1 Atomkern.....	7
Atommasse	9
Isotopieeffekte	9
Radioaktive Strahlung	10
Radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit	10
Beispiele für natürliche und künstliche Isotope	11
Radioaktive Aktivität	11
Radioaktive Zerfallsreihen	13
Radioaktives Gleichgewicht.....	13
Beispiele für Anwendungsmöglichkeiten von Isotopen	13
Aktivierungsanalyse	14
2.2 Elektronenhülle	14
Atommodell von <i>Niels Bohr</i> (1913).....	15
Bohrsches Modell vom <i>Wasserstoffatom</i>	15
Atomspektren (Absorptions- und Emissionsspektroskopie).....	16
Verbesserungen des Bohrschen Modells.....	17

	Wellenmechanisches Atommodell des <i>Wasserstoffatoms</i>	17
	Elektronenspin.....	19
	Graphische Darstellung der Atomorbitale.....	20
	Mehrelektronenatome.....	23
	Pauli-Prinzip, <i>Pauli-Verbot</i>	24
	Hundsche Regel.....	24
3	Periodensystem der Elemente	26
	Einteilung der Elemente auf Grund ähnlicher Elektronenkonfiguration	29
	Edelgase	29
	Hauptgruppenelemente („repräsentative“ Elemente, s- und p-Block Elemente).....	29
	Übergangselemente bzw. Nebengruppenelemente..	31
	Valenzelektronenzahl und Oxidationsstufen.....	31
	Periodizität einiger Eigenschaften.....	32
	1) Atom- und Ionenradien	32
	2) Elektronenaffinität (EA)	33
	3) Ionisierungspotenzial / Ionisierungsenergie.....	33
	4) Elektronegativität.....	35
	5) Metallischer und nichtmetallischer Charakter der Elemente.....	36
4	Moleküle, chemische Verbindungen, Reaktionsgleichungen und Stöchiometrie	38
	Reaktionsgleichungen	39
	Konzentrationsmaße.....	41
	Stöchiometrische Rechnungen	49
	Beispiel einer Ausbeuteberechnung	50
	Berechnung von empirischen Formeln.....	50
5	Chemische Bindung – Bindungsarten	51
5.1	Ionische (polare, heteropolare) Bindung, Ionenbeziehung	51
	Gitterenergie.....	53

	Übergang von der ionischen zur kovalenten Bindung	54
	Übergang von der ionischen zur metallischen Bindung	55
5.2	Atombindung (kovalente, homöopolare Bindung, Elektronenpaarbindung)	56
5.2.1	MO-Theorie der kovalenten Bindung	57
5.2.2	VB-Theorie der kovalenten Bindung	60
	Mehrfachbindungen, ungesättigte Verbindungen ...	65
	Energie von Hybridorbitalen	68
	Bindigkeit	68
	Bindungsordnung, Bindungsgrad	69
	Oktettregel	69
	Doppelbindungsregel	70
	Radikale	70
	Bindungsenergie und Bindungslänge	70
	Mesomerie oder Resonanz	71
5.2.3	Valenzschalen-Elektronenpaar-Abstoßungsmodell	72
5.3	Metallische Bindung	75
	Metallgitter	77
	Mechanische Eigenschaften der Metalle / <i>Einlagerungsstrukturen</i>	78
	Legierungen	79
	Intermetallische Verbindungen oder intermetallische Phasen	80
	Beispiele für intermetallische Phasen	80
5.4	Zwischenmolekulare Bindungskräfte–	
	schwache Bindungen	80
	Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	81
	Wasserstoffbrückenbindungen	81
	Dipol-Induzierte Dipol-Wechselwirkungen	82
	Ionen-Dipol-Wechselwirkungen	82
	Van der Waalssche Bindung (van der Waals-Kräfte, Dispersionskräfte)	82
	Hydrophobe Wechselwirkungen (Hydrophobe Bindung)	83
6	Komplexverbindungen	
	Bindungen in Komplexen	84
	Beispiele für Komplexe	86
	Chelateffekt	86
	π -Komplexe	88
	Chargetransfer-Komplexe	88
	Carbonyle	89
	Koordinationszahl und räumlicher Bau von Komplexen	89

Isomerieerscheinungen bei Komplexverbindungen	90
Stereoisomerie	90
a) cis-trans-Isomerie (Geometrische Isomerie)	91
Komplexe mit KZ 4.....	91
Komplexe mit KZ 6.....	91
b) Optische Isomerie (Spiegelbildisomerie).....	92
Komplexe mit KZ 4.....	93
Komplexe mit KZ 6.....	93
Strukturisomerie	94
Bindung in Komplexen / Koordinative Bindung.....	94
Edelgas-Regel.....	94
VB-Theorie der Komplexbindung.....	95
Vorzüge und Nachteile der VB-Theorie	96
Kristallfeld-Ligandenfeld-Theorie	96
Absorptionsspektren.....	97
Jahn-Teller-Effekt	98
Vorzüge und Nachteile der Kristallfeld-Theorie.....	98
MO-Theorie der Bindung in Komplexen	99
HSAB-Konzept bei Komplexen.....	99
σ - und π -Bindung in Komplexen	99
Bindung in Carbonylen	99
Komplexbildungsreaktionen	100
Formelschreibweise von Komplexen	101
Nomenklatur von Komplexen	102
Beispiele zur Nomenklatur	103

7 Zustandsformen der Materie	
(Aggregatzustände)	104
7.1 Fester Zustand	104
Kristalline Stoffe	104
Eigenschaften von kristallinen Stoffen.....	104
Schmelz- und Erstarrungspunkt;	
Schmelzenthalpie.....	105
Gittertypen.....	105
7.2 Gasförmiger Zustand.....	106
Gasgesetze — für „ideale Gase“	107
1) Gesetz von <i>Boyle</i> und <i>Mariotte</i>	107
2) Gesetz von <i>Gay-Lussac</i>	108
3) Allgemeine Gasgleichung	108
Das Verhalten realer Gase	109
Diffusion von Gasen.....	109
7.3 Flüssiger Zustand	109
Dampfdruck einer Flüssigkeit	110
Siedepunkt.....	111

Gefrierpunkt	112
Durchschnittsgeschwindigkeit von Atomen und Molekülen.....	112

8 Mehrstoffsysteme

Lösungen	114
-----------------------	-----

Definition des Begriffs Phase	114
Mehrstoffsysteme	114
Lösungen	115
Eigenschaften von Lösemitteln (Lösungsmitteln) ...	115
Echte Lösungen	117
Lösungsvorgänge	117
Löslichkeit	118
Chemische Reaktionen bei Lösungsvorgängen.....	119
Verhalten und Eigenschaften von Lösungen.....	120
I. Lösungen von <i>nichtflüchtigen</i> Substanzen.....	120
Diffusion in Lösung	121
Osmose	121
Dialyse.....	123
Lösungsgleichgewichte	124
1. Verteilung zwischen zwei nichtmischbaren flüssigen Phasen	124
2. Verteilung zwischen einer Gasphase und der Lösung.....	124
3. Verteilung zwischen einer festen Phase und der Lösung.....	124
Elektrolytlösungen	125
Elektrolytische Dissoziation.....	125
Ostwaldsches Verdünnungsgesetz	126
Elektrodenprozesse.....	126
Beispiele für Elektrolysen	127
II. Lösungen <i>flüchtiger</i> Substanzen.....	128
Ideale Lösungen	128
Nichtideale Lösungen.....	129
Kolloide Lösungen, kolloiddisperse Systeme	130
Isoelektrischer Punkt (I.P.).....	132

9 Redoxsysteme

Oxidationszahl.....	133
Regeln zur Ermittlung der Oxidationszahl	133
Reduktion und Oxidation	135

Normalpotenziale von Redoxpaaren	138
Normalpotenzial und Reaktionsrichtung.....	142
Nernstsche Gleichung	143
Konzentrationskette.....	145
Praktische Anwendung	
von galvanischen Elementen	145
Trockenbatterie (Leclanché-Element).....	145
Alkali-Mangan-Zelle	146
Nickel-Cadmium-Batterie	146
Quecksilber-Batterie.....	146
Brennstoffzellen	146
Akkumulatoren.....	147
Bleiakku	147
Lithium-Ionenakku.....	147
Elektrochemische Korrosion / Lokalelement	148
Elektrochemische Bestimmung von pH-Werten	148
1. Glaselektrode.....	148
Elektroden 2. Art.....	149
2. Redoxelektroden.....	150
Spezielle Redoxreaktionen	150
10 Säure-Base-Systeme	151
Brønsted-Säuren und –Basen; pH-Wert	151
Säure- und Basestärke	154
Starke Säuren und starke Basen	155
Schwache Säuren und schwache Basen	155
Mehrwertige Säuren	158
Mehrwertige Basen	159
Protolysereaktionen beim Lösen	
von Salzen in Wasser	159
Neutralisationsreaktionen.....	160
Protolysegrad.....	161
Titrationskurven	162
pH-Abhängigkeit von Säure- und Base-Gleichgewichten, Pufferlösungen	164
Bedeutung der Henderson-Hasselbalch-Gleichung .	164
Acetatpuffer.....	166
Messung von pH-Werten	167
Säure-Base-Reaktionen in nichtwässrigen Systemen	168
Elektronentheorie der Säuren und Basen nach <i>Lewis</i>	169
Prinzip der „harten“ und „weichen“ Säuren und Basen.....	170

11	Energetik chemischer Reaktionen (Grundlagen der Thermodynamik).....	172
	I. Hauptsatz der Thermodynamik	173
	Veranschaulichung der Volumenarbeit $p \cdot \Delta V$	173
	Anwendung des I. Hauptsatzes auf chemische Reaktionen	175
	Hess'scher Satz der konstanten Wärmesummen	176
	II. Hauptsatz der Thermodynamik (Triebkraft chemischer Reaktionen).....	177
	Statistische Deutung der Entropie	180
	III. Hauptsatz der Thermodynamik	180
	Gibbs-Helmholtzsche Gleichung	181
	Zusammenhang zwischen ΔG und EMK	184
12	Kinetik chemischer Reaktionen	186
	Reaktionsordnung.....	187
	Halbwertszeit.....	189
	Konzentration-Zeit-Diagramm für eine Reaktion erster Ordnung	189
	Konzentration-Zeit-Diagramm für eine Reaktion zweiter Ordnung	191
	Molekularität einer Reaktion	191
	Pseudo-Ordnung und Pseudo-Molekularität	192
	Arrhenius-Gleichung	193
	Katalyse	194
	Darstellung von Reaktionsabläufen durch Energieprofile.....	195
	Parallelreaktionen kinetische und thermodynamische Reaktionskontrolle	197
	Metastabile Systeme.....	198
	Kettenreaktionen	198
	Einleitung von Kettenreaktionen.....	198
	Abbruch von Kettenreaktionen	199
13	Chemisches Gleichgewicht (Kinetische Ableitung).....	200
	Formulierung des MWG für einfache Reaktionen ..	202
	Gekoppelte Reaktionen	202
	Aktivitäten	203
	Beeinflussung von Gleichgewichtslagen.....	204

Das Löslichkeitsprodukt.....	206
Allgemeine Formulierung	206
Fließgleichgewicht	207

Teil II

Anorganische Chemie	209
----------------------------------	-----

A) Hauptgruppenelemente	211
--------------------------------------	-----

Wasserstoff	211
Stellung von Wasserstoff im Periodensystem der Elemente (PSE).....	211
Reaktionen und Verwendung von Wasserstoff.....	213
Wasserstoffverbindungen.....	213

Alkalimetalle (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr)	214
Lithium.....	214
Natrium.....	217
Kalium.....	219
Rubidium, Cäsium.....	221

Erdalkalimetalle

(Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)	222
Beryllium.....	222
Magnesium.....	224
Calcium.....	225
Strontium.....	229
Barium.....	229

Borgruppe (B, Al, Ga, In, Tl)	230
Bor.....	230
Borwasserstoffe, Borane	232
Carborane	233
Borhalogenide	233
Sauerstoff-Verbindungen	234
Aluminium	235
Gallium - Indium - Thallium.....	238

Kohlenstoffgruppe (C, Si, Ge, Sn, Pb)	239
Kohlenstoff.....	239
Kohlenstoff-Verbindungen.....	244
Isosterie	246
Boudouard-Gleichgewicht	246
Carbide	247
Silizium	247
Kieselsäuren	250
Zinn	253
Zinn(II)- Verbindungen.....	254
Zinn(IV)-Verbindungen	255
Blei	255
Blei(II)-Verbindungen.....	256
Blei(IV)-Verbindungen	257
Inert-pair-Effekt	257

Stickstoffgruppe (N, P, As, Sb, Bi).....	258
Stickstoff	258
Phosphor.....	269
Phosphoroxide.....	276
Phosphorsäuren	271
Halogenverbindungen	274
Pseudorotation (Berry-Mechanismus).....	275
Arsen	276
Sauerstoffverbindungen	276
Schwefelverbindungen.....	277
Antimon.....	277
Bismut (früher Wismut)	278

Chalkogene (O, S, Se, Te, Po).....	280
Sauerstoff	280
Sauerstoffverbindungen	283
Oxide	285
Schwefel.....	285
Halogenverbindungen	287
Schwefelchloride und Schwefelbromide.....	288
Oxidhalogenide SOX ₂ (X = F, Cl, Br)	288
Schwefeloxide und Schwefelsäuren.....	289
H ₂ SO ₄ , Schwefelsäure	290
Selen	292
Tellur	293

Halogene (F, Cl, Br, I, At)	294
Fluor	294
Chlor.....	297
Sauerstoffsäuren von Chlor.....	297
Oxide des Chlors	299
Brom.....	299
Iod	300
Bindungsenthalpie und Acidität.....	302
Salzcharakter der Halogenide.....	302
Photographischer Prozess (Schwarz-Weiß-Photographie).....	302
Interhalogenverbindungen.....	303
Pseudohalogene — Pseudohalogenide.....	303
Edelgase (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)	305
B) Nebengruppenelemente	307
Oxidationszahlen.....	311
Qualitativer Vergleich der Atom- und Ionenradien der Nebengruppenelemente.....	311
Atomradien.....	311
Lanthanoiden-Kontraktion	312
Ionenradien.....	313
I. Nebengruppe	314
Übersicht	314
Kupfer	314
Silber	317
Gold.....	318
II. Nebengruppe	319
Übersicht	319
Zink-Verbindungen	320
Cadmium-Verbindungen	320
Quecksilber-Verbindungen	321
Hg(II)-Verbindungen	321

III. Nebengruppe	323
Übersicht	323
IV. Nebengruppe	324
Titan	324
V. Nebengruppe	326
Übersicht	326
Vanadin	326
VI. Nebengruppe	328
Übersicht	328
Chrom.....	328
Chromverbindungen	329
Molybdän	331
Wolfram	332
Transportreaktionen	333
Wolframate, Polysäuren	333
VII. Nebengruppe	335
Mangan.....	335
VIII. Nebengruppe	337
Eisenmetalle	337
Eisen	337
Eisenverbindungen	339
Cobalt und Nickel.....	341
Cobalt-Verbindungen	341
Nickel-Verbindungen	342
Platinmetalle.....	343
Verbindungen der Platinmetalle.....	344
Lanthanoide, Ln	345
Übersicht	345
Actinoide, An	347

Anhang	348
---------------------	-----

Allgemeine Verfahren zur Reindarstellung von Metallen (Übersicht)	348
I. Reduktion der <i>Oxide</i> zu den Metallen.....	348
II. <i>Elektrolytische</i> Verfahren	349
III. Spezielle Verfahren	349
Düngemittel	350
Handelsdünger aus <i>natürlichen</i> Vorkommen	350
Kunstdünger	351
Mineraldünger	351
Stickstoffdünger	351
Phosphatdünger	352
Kaliumdünger.....	352
Mehrstoffdünger.....	353

Teil III	
Grundwissen	
der organischen Chemie	355

1	Allgemeine Grundlagen	357
1.1	Einleitung	357
1.2	Grundlagen der chemischen Bindung	357
1.3	Systematik organischer Verbindungen.....	360
1.4	Nomenklatur.....	360
1.5	Chemische Formelsprache.....	362
1.6	Isomerie	363
2	Grundbegriffe organisch-chemischer Reaktionen	366
2.1	Reaktionen zwischen ionischen Substanzen	366
2.2	Reaktionen von Substanzen mit kovalenter Bindung.....	366
2.3	Säuren und Basen, Elektrophile und Nucleophile... ..	367
2.4	Substituenten-Effekte	369
2.5	Reaktive Zwischenstufen	372

2.5.1	Carbeniumionen	372
2.5.2	Carbanionen	373
2.5.3	Carbene	374
2.5.4	Radikale.....	375
2.6	Übergangszustände.....	376
2.7	Reaktionstypen	376
2.7.1	Additions-Reaktionen.....	376
2.7.2	Eliminierungs-Reaktionen.....	377
2.7.3	Substitutions-Reaktionen.....	377
2.7.4	Radikal-Reaktionen	378
2.7.5	Umlagerungen	378
2.7.6	Redox-Reaktionen	379

3 Gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)..... 380

3.1	Offenkettige Alkane	380
3.1.1	Nomenklatur und Struktur.....	381
3.1.2	Bau der Moleküle, Konformationen der Alkane	383
3.1.3	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung der Alkane	385
3.1.4	Herstellung von Alkanen.....	385
3.1.5	Eigenschaften gesättigter Kohlenwasserstoffe.....	386
3.2	Cyclische Alkane.....	386
3.2.1	Bau der Moleküle, Konformationen der Cycloalkane.....	387
3.2.2	Das Cyclohexan-Ringsystem.....	388

4 Die radikalische Substitutions-Reaktion (S_R)..... 392

4.1	Herstellung von Radikalen	392
4.2	Struktur und Stabilität	393
4.3	Ablauf von Radikalreaktionen.....	393
4.4	Selektivität bei radikalischen Substitutions-Reaktionen.....	394
4.5	Beispiele für Radikalreaktionen	395
4.5.1	Photochlorierung von Alkanen mit Cl ₂	395
4.5.2	Die Chlorierung von Alkanen mit Sulfurylchlorid, SO ₂ Cl ₂	395
4.5.3	Pyrolysen.....	396

5	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkene, Alkine)	397
5.1	Alkene	397
5.1.1	Nomenklatur und Struktur	397
5.1.2	Vorkommen und Herstellung von Alkenen	398
5.1.3	Diene und Polyene	400
5.2	Alkine	401
5.3	Biologisch interessante Alkene und Alkine	402
6	Additionen an Alkene und Alkine	404
6.1	Elektrophile Additionen	404
6.1.1	Additionen symmetrischer Verbindungen	404
6.1.2	Additionen unsymmetrischer Verbindungen (<i>Markownikow-Regel</i>)	405
6.1.3	Stereospezifische <i>Syn</i> -Additionen	407
6.2	Cycloadditionen	408
6.2.1	Ozonolyse	408
6.2.2	<i>Diels-Alder</i> -Reaktionen	409
6.3	Nucleophile Additionen	410
6.3.1	Nucleophile Additionen von Aminen	410
6.3.2	<i>Michael</i> -Additionen	410
6.4	Radikalische Additionen	411
6.5	Di-, Oligo- und Polymerisationen	411
7	Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)	413
7.1	Chemische Bindung in aromatischen Systemen	413
7.2	Beispiele für aromatische Verbindungen; Nomenklatur	415
7.3	Vorkommen und Herstellung	416
7.4	Eigenschaften und Verwendung	417
7.5	Reaktionen aromatischer Verbindungen	418
7.5.1	Additionsreaktionen aromatischer Verbindungen	418
7.5.2	Reaktionen von Alkylbenzolen in der Seitenkette ..	419
8	Die aromatische Substitution (S_{Ar})	421
8.1	Die elektrophile aromatische Substitution (S _{E,Ar})	421
8.1.1	Allgemeiner Reaktionsmechanismus	421
8.1.2	Mehrfachsubstitution	421

8.2	Beispiele für elektrophile Substitutionsreaktionen..	427
8.2.1	Nitrierung	427
8.2.2	Sulfonierung	427
8.2.3	Halogenierung	429
8.2.4	Alkylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	429
8.2.5	Acylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	430
8.3	Die nucleophile aromatische Substitution ($S_{N,Ar}$)	431
8.3.1	Monomolekulare nucleophile Substitution am Aromaten ($S_{N1,Ar}$)	431
8.3.2	Bimolekulare nucleophile Substitution am Aromaten ($S_{N2,Ar}$)	432
9	Halogenkohlenwasserstoffe	434
9.1	Chemische Eigenschaften	434
9.2	Verwendung	435
9.3	Herstellungsmethoden	436
9.4	Biologisch interessante Halogen-Kohlenwasserstoffe	438
10	Die nucleophile Substitution (S_N) am gesättigten C-Atom	439
10.1	Der S_{N1} -Mechanismus	439
10.1.1	Auswirkungen des Reaktionsmechanismus	440
10.2	Der S_{N2} -Mechanismus	441
10.3	Das Verhältnis S_{N1}/S_{N2} und die Möglichkeit der Beeinflussung einer S_N -Reaktion	442
10.3.1	Konstitution des organischen Restes R	442
10.3.2	Die Art der Abgangsgruppe	443
10.3.3	Das angreifende Nucleophil Nu 	443
10.3.4	Lösemitteleffekte	444
11	Die Eliminierungs-Reaktionen (E1, E2) ..	445
11.1	α - oder 1,1-Eliminierung	445
11.2	β - oder 1,2-Eliminierung	446
11.2.1	Eliminierung nach einem E1-Mechanismus	446
11.2.2	Eliminierung nach einem E1cB-Mechanismus	447
11.2.3	Eliminierung nach einem E2-Mechanismus	447
11.3	Isomerenbildung bei Eliminierungen	449
11.4	Beispiele für wichtige Eliminierungs-Reaktionen...	450
11.4.1	<i>anti</i> -Eliminierungen	450
11.4.2	<i>syn</i> -Eliminierungen (thermische Eliminierungen)...	451

12	Sauerstoff-Verbindungen	452
12.1	Alkohole (Alkanole).....	452
12.1.1	Beispiele und Nomenklatur.....	452
12.1.2	Herstellung von Alkoholen.....	454
12.1.3	Reaktionen der Alkohole.....	456
12.2	Phenole.....	461
12.2.1	Beispiele und Nomenklatur.....	461
12.2.2	Herstellung von Phenolen.....	463
12.2.3	Eigenschaften von Phenolen.....	464
12.2.4	Reaktionen von Phenolen.....	465
12.2.5	Biologisch interessante Phenole.....	467
12.3	Ether.....	468
12.3.1	Herstellung.....	468
12.3.2	Eigenschaften der Ether.....	469
12.3.3	Reaktionen der Ether.....	470
13	Schwefel-Verbindungen	471
13.1	Thiole.....	471
13.1.1	Herstellung.....	472
13.1.2	Vorkommen.....	472
13.1.3	Reaktionen.....	473
13.2	Thioether (Sulfide).....	474
13.2.1	Herstellung.....	474
13.2.2	Reaktionen.....	474
13.3	Sulfonsäuren.....	475
13.3.1	Herstellung.....	475
13.3.2	Verwendung von Sulfonsäuren.....	476
13.4	Technisch und biologisch wichtige Schwefel-Verbindungen.....	476
14	Stickstoff-Verbindungen	478
14.1	Amine.....	478
14.1.1	Nomenklatur.....	478
14.1.2	Herstellung von Aminen.....	479
14.1.3	Eigenschaften der Amine.....	481
14.1.4	Reaktionen der Amine.....	483
14.1.5	Biochemisch wichtige Amine.....	486
14.2	Nitro-Verbindungen.....	487
14.2.1	Nomenklatur und Beispiele.....	487
14.2.2	Herstellung.....	488
14.2.3	Eigenschaften und Reaktionen von Nitroverbindungen.....	488

14.2.4	Verwendung von Nitroverbindungen.....	489
14.3	Azo-Verbindungen.....	490
14.3.1	Herstellung der Azoverbindungen	490
14.4	Hydrazo-Verbindungen.....	491
14.4.1	Herstellung der Hydrazoverbindungen	491
14.4.2	Reaktionen der Hydrazoverbindungen.....	492
14.5	Diazo-Verbindungen, Diazoniumsalze.....	492
14.5.1	Herstellung von Diazo- und Diazoniumverbindungen	492
14.5.2	Reaktionen von Diazo- und Diazoniumverbindungen	493

15 Element-organische Verbindungen..... 494

15.1	Bildungen und Reaktivität.....	494
15.2	Eigenschaften elementorganischer Verbindungen ..	496
15.3	Beispiele für elementorganische Verbindungen.....	496
15.3.1	I. Gruppe: Lithium.....	496
15.3.2	II. Gruppe: Magnesium	496
15.3.3	III. Gruppe: Bor.....	498
15.3.4	V. Gruppe: Phosphor.....	498

Verbindungen mit ungesättigten funktionellen Gruppen 500

Die Carbonyl-Gruppe.....	500
--------------------------	-----

16 Aldehyde, Ketone und Chinone..... 502

16.1	Nomenklatur und Beispiele.....	502
16.2	Herstellung von Aldehyden und Ketonen	503
16.3	Eigenschaften	505
16.4	Redoxreaktionen von Carbonylverbindungen.....	506
16.4.1	Reduktion zu Alkoholen.....	506
16.4.2	Reduktion zu Kohlenwasserstoffen.....	506
16.4.3	Oxidationsreaktionen	507
16.4.4	Redoxverhalten der Chinone.....	507
16.5	Biologisch interessante Carbonylverbindungen.....	509

17 Reaktionen von Aldehyden und Ketonen 510

17.1	Additionen von Hetero-Nucleophilen	511
------	--	-----

17.1.1	Addition von ‚Hydrid‘	511
17.1.2	Reaktion mit <i>O</i> -Nucleophilen	513
17.1.3	Reaktion mit <i>N</i> -Nucleophilen	514
17.1.4	Reaktion mit <i>S</i> -Nucleophilen	518
17.2	Additionen von Kohlenstoff-Nucleophilen	519
17.2.1	Umsetzungen mit Blausäure bzw. Cyanid	519
17.2.2	Umsetzungen mit <i>Grignard</i> -Reagenzien	521
17.2.3	Umsetzungen mit Acetylid	521
17.2.4	Umsetzungen mit Phosphor-Ylid	521
17.3	Additionen von Carbonylverbindungen	522
17.3.1	Bildung und Eigenschaften von Carbanionen	522
17.3.2	Aldol-Reaktion	523
17.3.3	<i>Mannich</i> -Reaktion	524
17.3.4	<i>Knoevenagel</i> -Reaktion	526
17.3.5	<i>Michael</i> -Reaktion	527
17.3.6	<i>Robinson</i> -Anellierung	527
18	Carbonsäuren	528
18.1	Nomenklatur und Beispiele	528
18.2	Herstellung von Carbonsäuren	529
18.3	Eigenschaften von Carbonsäuren	530
18.3.1	Substituenteneinflüsse auf die Säurestärke	530
18.4	Reaktionen von Carbonsäuren	533
18.4.1	Reduktion	533
18.4.2	Abbau unter CO ₂ -Abspaltung (Decarboxylierung)	533
18.4.3	Bildung von Derivaten	533
18.5	Spezielle Carbonsäuren	534
18.5.1	Dicarbonsäuren	534
18.5.2	Hydroxycarbonsäuren	537
18.5.3	Oxocarbonsäuren	541
18.5.4	Halogen-carbonsäuren	544
19	Derivate der Carbonsäuren	547
19.1	Reaktionen von Carbonsäurederivaten	548
19.1.1	Hydrolyse von Carbonsäurederivaten zu Carbonsäuren	548
19.1.2	Umsetzung von Carbonsäurederivaten mit Aminen	549
19.1.3	Umsetzung mit Alkoholen zu Carbonsäureestern	550
19.2	Herstellung und Eigenschaften von Carbonsäurederivaten	550
19.2.1	Carbonsäureanhydride	550
19.2.2	Carbonsäurehalogenide	550
19.2.3	Carbonsäureamide	551

19.2.4	Carbonsäureester	552
19.2.5	Lactone	554
19.2.6	Spezielle Carbonsäurederivate	554
20	Reaktionen von Carbonsäurederivaten..	557
20.1	Reaktionen an der Carbonylgruppe	557
20.1.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	557
20.1.2	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	558
20.1.3	Reaktionen von Carbonsäureamiden	559
20.1.4	Reaktionen von Nitrilen	559
20.2	Reaktionen in α -Stellung zur Carbonylgruppe	560
20.2.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	560
20.2.2	Reaktionen von 1,3-Dicarbonylverbindungen	562
20.2.3	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	564
21	Kohlensäure und Derivate	565
21.1	Beispiele und Nomenklatur	565
21.2	Herstellung von Kohlensäurederivaten	566
21.3	Harnstoff und Derivate	566
21.3.1	Synthese von Harnstoff	566
21.3.2	Eigenschaften und Nachweis	567
21.3.3	Synthesen mit Harnstoff	568
21.3.4	Derivate des Harnstoffs	569
22	Heterocyclen	570
22.1	Nomenklatur	570
22.2	Heteroaliphaten	571
22.3	Heteroaromaten	573
22.3.1	Fünfgliedrige Ringe	573
22.3.2	Sechsgliedrige Ringe	576
22.4	Synthese von Heterocyclen über Dicarbonylverbindungen	579
23	Stereochemie	580
23.1	Stereoisomere	580
23.2	Molekülchiralität	582
23.2.1	Prochiralität	583

23.3	Schreibweisen und Nomenklatur der Stereochemie	584
23.3.1	D,L-Nomenklatur	585
23.3.2	R,S-Nomenklatur.....	586
23.4	Beispiele zur Stereochemie	588
23.4.1	Verbindungen mit mehreren chiralen C-Atomen	588
23.4.2	Verbindungen mit gleichen Chiralitätszentren	588
23.5	Herstellung optisch aktiver Verbindungen	589
23.5.1	Trennung von Racematen (Racematspaltung).....	589

24 Kunststoffe – Grundzüge der Polymerchemie

24.1	Herstellung	591
24.1.1	Reaktionstypen	591
24.1.2	Polymerisation.....	592
24.1.3	Polykondensation	593
24.1.4	Polyaddition	594
24.2	Strukturen von Makromolekülen.....	594
24.2.1	Polymere aus gleichen Monomeren	594
24.2.2	Polymere mit verschiedenen Monomeren	595
24.2.3	Halbsynthetische Kunststoffe.....	595

Chemie von Naturstoffen und Biochemie.....

25 Chemie und Biochemie.....

25.1	Biokatalysatoren.....	599
25.2	Stoffwechselfvorgänge	602

26 Kohlenhydrate

26.1	Monosaccharide	604
26.1.1	Struktur und Stereochemie	604
26.1.2	Reaktionen und Eigenschaften	608
26.2	Disaccharide	611
26.2.1	Allgemeines.....	611
26.2.2	Beispiele für Disaccharide.....	612

26.3	Oligo- und Polysaccharide (Glycane)	613
26.3.1	Makromoleküle aus Glucose	613
26.3.2	Makromoleküle mit Aminozuckern	615
26.3.3	Weitere Polysaccharide mit anderen Zuckern	616
27	Aminosäuren, Peptide und Proteine	617
27.1	Aminosäuren	617
27.1.1	Einteilung und Struktur	617
27.1.2	Aminosäuren als Ampholyte	619
27.1.3	Gewinnung und Synthesen von Aminosäuren	621
27.1.4	Reaktionen von Aminosäuren	623
27.2	Peptide	624
27.2.1	Hydrolyse von Peptiden	625
27.2.2	Peptid-Synthesen	625
27.2.3	Biologisch wichtige Peptide	627
27.3	Proteine	630
27.3.1	Struktur der Proteine	630
27.3.2	Beispiele und Einteilung der Proteine	632
27.3.3	Eigenschaften der Proteine	633
28	Lipide	634
28.1	Überblick über die Lipid-Gruppe	634
28.2	Fettsäuren und Fette	635
28.3	Komplexe Lipide	637
28.3.1	Phospholipide	637
28.3.2	Glycolipide	638
28.3.3	Biochemische Bedeutung komplexer Lipide	638
28.4	Wachse	639
29	Nucleotide und Nucleinsäuren	640
29.1	Nucleotide	640
29.1.1	Energiespeicherung mit Phosphorsäureverbindungen	641
29.1.2	Nucleotide in Nucleinsäuren	643
29.2	Nucleinsäuren	644
29.2.1	Aufbau der DNA	645
29.2.2	Aufbau der RNA	646
30	Terpene und Carotinoide	648

31	Steroide	651
31.1	Sterine	651
31.2	Gallensäuren.....	652
31.3	Steroid-Hormone	652
31.3.1	Männliche Sexualhormone (Androgene)	653
31.3.2	Weibliche Geschlechtshormone (Östrogene, Gestagene)	653
31.3.3	Kontrazeptive Steroide	654
31.4	Corticoide	654
31.5	Herzaktive Steroide	655
31.6	Sapogenine und Steroid-Alkaloide.....	655
32	Alkaloide	656
32.1	Pyrrolidin- und Piperidin-Alkaloide.....	657
32.2	Pyridin-Alkaloide	657
32.3	Tropan-Alkaloide	658
32.4	Pyrrolizidin-, Indolizidin- und Chinolizidin-Alkaloide.....	659
32.5	Indol-Alkaloide	661
32.5.1	Substituierte Indole	661
32.5.2	Carbazol-Alkaloide	661
32.5.3	Carbolin-Alkaloide.....	662
32.5.4	Ergolin-Alkaloide.....	663
32.6	Isochinolin-Alkaloide.....	664
32.7	Chinolin-Alkaloide.....	666
33	Natürliche Farbstoffe	667
34	Literaturnachweis und Literaturauswahl an Lehrbüchern	671
35	Sachverzeichnis	677

Ausklapptafel: Periodensystem der Elemente
(am Schluss des Bandes)