
TASCHENBUCH DER CHEMIE

2., verbesserte Auflage

Mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen



FACHBUCHVERLAG LEIPZIG
im Carl Hanser Verlag

Inhaltsverzeichnis

ALLGEMEINE CHEMIE

1	Aufbau der Atome	20
1.1	Allgemeines	20
1.2	Bausteine der Atome	22
1.2.1	Elementarteilchen, Kernbausteine, Atomhülle	22
1.2.2	Chemische Elemente, Isotope, Atommassen	25
1.2.3	Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie	30
1.3	Kernreaktionen	32
1.3.1	Radioaktivität	33
1.3.2	Anwendungen der Kernreaktionen und der Isotope	39
1.3.3	Künstliche Nuklide	41
1.4	Elektronenkonfigurationen	44
1.4.1	BOHRsches Modell des Wasserstoffatoms	44
1.4.2	Deutung des Wasserstoffspektrums	48
1.4.3	Moderne Quantentheorie	51
1.4.4	Atomorbitale und Quantenzahlen des Wasserstoffatoms	54
1.4.5	Aufbauprinzip von Mehrelektronensystemen	61
2	Periodensystem der Elemente	64
2.1	Ordnungsprinzipien	64
2.2	Darstellung des Periodensystems	65
2.3	Periodizität einiger Eigenschaften	69
2.3.1	Ionisierungsenergie	69
2.3.2	Elektronenaffinität	71
2.3.3	Atom- und Ionenradien	72
3	Chemische Bindungen	76
3.1	Ionenbindung	76
3.1.1	Allgemeines	76
3.1.2	Ionenradien	79
3.1.3	Charakteristische Strukturen	80
3.1.4	Gitterenergie von Ionenkristallen	86
3.2	Atombindungen	90

3.2.1	Allgemeines	90
3.2.2	Bindungsbegriffe	92
3.2.3	Valenzbindungstheorie	95
3.2.4	Hybridisierung	98
3.2.5	Mehrfachbindungen	102
3.2.6	Polare Atombindung	105
3.3	Metallische Bindung	108
3.3.1	Elektronengas-Modell	108
3.3.2	Energiebänder-Modell	110
3.4	Zwischenmolekulare Bindungen	112
3.4.1	VAN DER WAALS-Bindung	112
3.4.2	Dipol-Dipol-Wechselwirkung	113
3.4.3	Wasserstoffbrückenbindung	114
4	Zustandsformen der Materie	116
4.1	Aggregatzustände, Phasen, Dispersität	116
4.2	Gasförmiger Zustand	119
4.2.1	Ideale Gase	120
4.2.2	Reale Gase	126
4.3	Fester Zustand	129
4.3.1	Struktur und Bindungscharakter	129
4.3.2	Kristallgitter und Kristallsysteme	131
4.3.3	Methoden zur Ermittlung der Festkörperstruktur	134
4.4	Flüssiger Zustand	137
4.5	Phasenübergang und Phasengleichgewicht	140
5	Energetik chemischer Reaktionen	143
5.1	Allgemeines zum Ablauf chemischer Reaktionen	143
5.2	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	144
5.2.1	Anwendung auf chemische Reaktionen	147
5.2.2	Energieformen bei chemischen Reaktionen	152
5.3	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	154
5.3.1	Freie Enthalpie und Entropie	154
5.3.2	GIBBS-HELMHOLTZsche Gleichung	157
6	Mehrstoffsysteme und Lösungen	162
6.1	Eigenschaften und Grundgesetze von Lösungen	162
6.1.1	Zusammensetzung einer Lösung	162
6.1.2	Regeln der Löslichkeit	166
6.2	Lösungsvorgänge	170
6.2.1	Solvatation und Solvathüllen	170

6.2.2	Solvatations- bzw. Hydratationsenthalpie	17
6.2.3	Löslichkeit von Stoffgruppen des PSE	17
6.3	Kolligative Eigenschaften von Lösungen	17
6.3.1	Dampfdruckerniedrigung	17
6.3.2	Molmassebestimmung	17
6.3.3	Osmose und osmotischer Druck	17
7	Allgemeine Reaktionsbegriffe	18
7.1	Symbole und Formeln	18
7.2	Quantitative Eigenschaften von Formeln und Gleichungen	18
7.3	Chemisches Gleichgewicht	18
7.3.1	Allgemeines	18
7.3.2	Massenwirkungsgesetz (MWG)	19
7.3.3	Prinzip von LE CHATELIER	19
8	Säuren und Basen	19
8.1	Autoprotolyse des Wassers	19
8.1.1	Eigenschaften und Struktur des Hydroniumions	19
8.1.2	Dissoziationsgleichgewicht des Wassers und pH-Wert	19
8.2	Säure-Base-Reaktionen	20
8.2.1	Theorie von ARRHENIUS	20
8.2.2	Theorie von BRØNSTED	20
8.2.3	Relative Säure- und Basestärke	20
8.3	Protolysegleichgewichte	20
8.3.1	pK _s -Wert und Berechnung des pH-Wertes von Säuren	20
8.3.2	Protolysegrad	20
8.3.3	pH-Berechnungen von Basen und Salzlösungen	20
8.3.4	Puffersysteme	21
8.4	Säure-Base-Titration	21
8.5	Elektronentheorie der Säuren und Basen nach LEWIS	21
9	Redox-Systeme	21
9.1	Oxidations- und Reduktionsreaktionen	21
9.2	Aufstellen von Redoxgleichungen	21
9.3	Elektronenaustausch an der Phasengrenze	21
9.3.1	Galvanische Ketten (DANIELL-Element)	21
9.3.2	Normal-Wasserstoffelektrode	21

90	6.2.2	Solvations- bzw. Hydratationsenthalpie	173
92	6.2.3	Löslichkeit von Stoffgruppen des PSE	174
95	6.3	Kolligative Eigenschaften von Lösungen	175
98	6.3.1	Dampfdruckerniedrigung	176
102	6.3.2	Molmassebestimmung	177
105	6.3.3	Osmose und osmotischer Druck	178
108	7	Allgemeine Reaktionsbegriffe	181
108	7.1	Symbole und Formeln	181
110	7.2	Quantitative Eigenschaften von Formeln und Gleichungen	185
112	7.3	Chemisches Gleichgewicht	188
112	7.3.1	Allgemeines	188
113	7.3.2	Massenwirkungsgesetz (MWG)	190
114	7.3.3	Prinzip von LE CHATELIER	192
116	8	Säuren und Basen	197
116	8.1	Autoprotolyse des Wassers	197
119	8.1.1	Eigenschaften und Struktur des Hydroniumions	197
120	8.1.2	Dissoziationsgleichgewicht des Wassers und pH-Wert	198
126	8.2	Säure-Base-Reaktionen	200
129	8.2.1	Theorie von ARRHENIUS	200
129	8.2.2	Theorie von BRØNSTED	201
131	8.2.3	Relative Säure- und Basestärke	203
134	8.3	Protolysegleichgewichte	204
137	8.3.1	pK _s -Wert und Berechnung des pH-Wertes von Säuren	204
140	8.3.2	Protolysegrad	207
143	8.3.3	pH-Berechnungen von Basen und Salzlösungen	208
143	8.3.4	Puffersysteme	211
144	8.4	Säure-Base-Titration	214
147	8.5	Elektronentheorie der Säuren und Basen nach LEWIS	217
152	9	Redox-Systeme	219
152	9.1	Oxidations- und Reduktionsreaktionen	219
162	9.2	Aufstellen von Redoxgleichungen	222
162	9.3	Elektronenaustausch an der Phasengrenze	224
166	9.3.1	Galvanische Ketten (DANIELL-Element)	224
170	9.3.2	Normal-Wasserstoffelektrode	226
170			

10 Inhaltsverzeichnis

9.3.3	Elektrochemische Spannungsreihe	227
9.3.4	NERNST-Gleichung	229
9.4	Konzentrationsketten und Elektrodenarten	231
9.5	Elektrochemische Spannungsquellen	234
9.6	Elektrolyse	236
10	Gleichgewichte in Mehrphasensystemen	238
10.1	Gleichgewichte unter Beteiligung einer festen Phase	238
10.1.1	Adsorption an Oberflächen	238
10.1.2	Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt	241
10.2	Verteilung von Stoffen zwischen zwei flüssigen Phasen	244
10.3	Gleichgewichte an Membranen	245
10.3.1	Dialyse	245
10.3.2	DONNAN-Gleichgewicht	246
11	Kinetik chemischer Reaktionen	248
11.1	Reaktionsgeschwindigkeit	248
11.1.1	Allgemeines	248
11.1.2	Reaktionsordnung und Molekularität	250
11.1.3	Rückreaktion und dynamisches Gleichgewicht	255
11.2	Theorie der Reaktionsgeschwindigkeit	257
11.2.1	Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit	257
11.2.2	Aktivierungsenergie und -entropie	260
11.2.3	Das Reaktions-Energie-Diagramm	263
11.3	Beschleunigung einer Reaktion durch Katalyse	265
11.4	Kinetische Reaktionstypen	267

ANORGANISCHE CHEMIE**12 Wasserstoff und die Chemie wichtiger Säuren und Basen**

12.1	Wasserstoff	270
12.1.1	Allgemeines	270
12.1.2	Elementarer Wasserstoff	270
12.1.3	Wasserstoffverbindungen	272
12.1.4	Wasser	272
12.1.5	Wasserstoffperoxid	274

Inhaltsverzeichnis

12.2	Ausgewählte anorganische Säuren	27
12.2.1	Sauerstoffsäuren	27
12.2.2	Halogenwasserstoffe	27
12.3	Ausgewählte anorganische Basen	27
12.3.1	Ammoniak	27
12.3.2	Oxide und Hydroxide	27
13	Hauptgruppenelemente	28
13.1	Elemente der 1. Gruppe (I. Hauptgruppe)	28
13.1.1	Allgemeines	28
13.1.2	Lithium und Lithiumverbindungen	28
13.1.3	Natrium und Natriumverbindungen	28
13.1.4	Kalium und Kaliumverbindungen	28
13.1.5	Rubidium, Cäsium, Francium und ihre Verbindungen	28
13.2	Elemente der 2. Gruppe (II. Hauptgruppe)	28
13.2.1	Allgemeines	28
13.2.2	Beryllium und Berylliumverbindungen	28
13.2.3	Magnesium und Magnesiumverbindungen	28
13.2.4	Calcium und Calciumverbindungen	28
13.2.5	Strontium, Barium, Radium und ihre Verbindungen	28
13.3	Elemente der 13. Gruppe (III. Hauptgruppe)	30
13.3.1	Allgemeines	30
13.3.2	Bor und Borverbindungen	30
13.3.3	Aluminium und Aluminiumverbindungen	30
13.3.4	Gallium, Indium, Thallium und ihre Verbindungen	30
13.4	Elemente der 14. Gruppe (IV. Hauptgruppe)	30
13.4.1	Allgemeines	30
13.4.2	Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen	30
13.4.3	Silicium und Siliciumverbindungen	30
13.4.4	Germanium und Germaniumverbindungen	30
13.4.5	Zinn und Zinnverbindungen	30
13.4.6	Blei und Bleiverbindungen	30
13.5	Elemente der 15. Gruppe (V. Hauptgruppe)	30
13.5.1	Allgemeines	30
13.5.2	Stickstoff und Stickstoffverbindungen	30
13.5.3	Phosphor und Phosphorverbindungen	30
13.5.4	Arsen, Antimon, Bismut und ihre Verbindungen	30
13.6	Elemente der 16. Gruppe (VI. Hauptgruppe)	30
13.6.1	Allgemeines	30

227	12.2 Ausgewählte anorganische Säuren	274
229	12.2.1 Sauerstoffsäuren	274
231	12.2.2 Halogenwasserstoffe	277
234	12.3 Ausgewählte anorganische Basen	279
236	12.3.1 Ammoniak	279
	12.3.2 Oxide und Hydroxide	280
238		
238	13 Hauptgruppenelemente	283
238	13.1 Elemente der 1. Gruppe (I. Hauptgruppe)	283
241	13.1.1 Allgemeines	283
	13.1.2 Lithium und Lithiumverbindungen	285
244	13.1.3 Natrium und Natriumverbindungen	286
245	13.1.4 Kalium und Kaliumverbindungen	290
245	13.1.5 Rubidium, Cäsium, Francium und ihre Verbindungen	292
246		
248	13.2 Elemente der 2. Gruppe (II. Hauptgruppe)	293
248	13.2.1 Allgemeines	293
248	13.2.2 Beryllium und Berylliumverbindungen	295
250	13.2.3 Magnesium und Magnesiumverbindungen	296
	13.2.4 Calcium und Calciumverbindungen	298
250	13.2.5 Strontium, Barium, Radium und ihre Verbindungen	302
255		
257	13.3 Elemente der 13. Gruppe (III. Hauptgruppe)	303
	13.3.1 Allgemeines	303
257	13.3.2 Bor und Borverbindungen	305
260	13.3.3 Aluminium und Aluminiumverbindungen	308
263	13.3.4 Gallium, Indium, Thallium und ihre Verbindungen	312
265		
267	13.4 Elemente der 14. Gruppe (IV. Hauptgruppe)	313
	13.4.1 Allgemeines	313
	13.4.2 Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen	315
	13.4.3 Silicium und Siliciumverbindungen	319
	13.4.4 Germanium und Germaniumverbindungen	323
	13.4.5 Zinn und Zinnverbindungen	324
	13.4.6 Blei und Bleiverbindungen	325
270	13.5 Elemente der 15. Gruppe (V. Hauptgruppe)	327
270	13.5.1 Allgemeines	327
270	13.5.2 Stickstoff und Stickstoffverbindungen	329
270	13.5.3 Phosphor und Phosphorverbindungen	332
272	13.5.4 Arsen, Antimon, Bismut und ihre Verbindungen	335
272		
274	13.6 Elemente der 16. Gruppe (VI. Hauptgruppe)	338
	13.6.1 Allgemeines	338

13.6.2	Sauerstoff und Sauerstoffverbindungen	339
13.6.3	Schwefel und Schwefelverbindungen	341
13.6.4	Selen, Tellur, Polonium und ihre Verbindungen	345
13.7	Elemente der 17. Gruppe (VII. Hauptgruppe)	347
13.7.1	Allgemeines	347
13.7.2	Fluor und Fluorverbindungen	348
13.7.3	Chlor und Chlorverbindungen	350
13.7.4	Brom, Iod, Astat und ihre Verbindungen	352
13.8	Elemente der 18. Gruppe (VIII. Hauptgruppe)	354
14	Nebengruppenelemente	357
14.1	Allgemeines	357
14.2	Elemente der 3. Gruppe (III. Nebengruppe)	358
14.3	Elemente der 4. Gruppe (IV. Nebengruppe)	360
14.3.1	Allgemeines	360
14.3.2	Titan und Titanverbindungen	361
14.3.3	Zirkonium, Hafnium, Dubnium und ihre Verbindungen	363
14.4	Elemente der 5. Gruppe (V. Nebengruppe)	365
14.5	Elemente der 6. Gruppe (VI. Nebengruppe)	368
14.5.1	Allgemeines	368
14.5.2	Chrom und Chromverbindungen	369
14.5.3	Molybdän, Wolfram, Rutherfordium und ihre Verbindungen	371
14.6	Elemente der 7. Gruppe (VII. Nebengruppe)	373
14.6.1	Allgemeines	373
14.6.2	Mangan und Manganverbindungen	374
14.6.3	Technetium, Rhenium, Bohrium und ihre Verbindungen	376
14.7	Elemente der 8. Gruppe (Eisengruppe)	377
14.7.1	Allgemeines	377
14.7.2	Eisen und Eisenverbindungen	379
14.7.3	Ruthenium, Osmium, Hahnium und ihre Verbindungen	383
14.8	Elemente der 9. Gruppe (Cobaltgruppe)	385
14.8.1	Allgemeines	385
14.8.2	Cobalt und Cobaltverbindungen	386
14.8.3	Rhodium, Iridium, Meitnerium und ihre Verbindungen	387
14.9	Elemente der 10. Gruppe (Nickelgruppe)	389
14.9.1	Allgemeines	389
14.9.2	Nickel und Nickelverbindungen	390

14.9.3	Palladium, Platin und ihre Verbindungen	3
14.10	Elemente der 11. Gruppe (I. Nebengruppe)	3
14.10.1	Allgemeines	3
14.10.2	Kupfer und Kupferverbindungen	3
14.10.3	Silber, Gold und ihre Verbindungen	3
14.11	Elemente der 12. Gruppe (II. Nebengruppe)	3
14.11.1	Allgemeines	3
14.11.2	Zink und Zinkverbindungen	4
14.11.3	Cadmium, Quecksilber und ihre Verbindungen	4

15 Lanthanoide und Actinoide

15.1	Lanthanoide	4
15.2	Actinoide	4

16 Metalcarbonyle und Organometallverbindungen

16.1	Metalcarbonyle	4
16.2	Organometallverbindungen	4

ORGANISCHE CHEMIE

17 Aufbau und Reaktionstypen organischer Verbindungen

17.1	Bindungsverhältnisse in Kohlenwasserstoffen	4
17.2	Reaktionsprinzipien und reaktive Teilchen	4
17.2.1	Bindungslösung und Bindungsneuknüpfung	4
17.2.2	Reaktionstypen	4
17.2.3	Molekularität der Reaktionen	4
17.3	Nomenklatur organischer Verbindungen	4
17.3.1	Trivialnamen	4
17.3.2	Systematische Nomenklatur	4

18 Alkane und Cycloalkane

18.1	Konstitution der Alkane	4
18.2	Nomenklatur und IUPAC-Regeln für Alkane	4
18.3	Physikalische Eigenschaften der Alkane	4
18.4	Konformation der Alkane	4
18.5	Cycloalkane - Nomenklatur und Konformation	4
18.6	Reaktionen der Alkane	4

339	14.9.3 Palladium, Platin und ihre Verbindungen	391
341	14.10 Elemente der 11. Gruppe (I. Nebengruppe)	393
345	14.10.1 Allgemeines	393
347	14.10.2 Kupfer und Kupferverbindungen	394
347	14.10.3 Silber, Gold und ihre Verbindungen	396
348	14.11 Elemente der 12. Gruppe (II. Nebengruppe)	399
350	14.11.1 Allgemeines	399
352	14.11.2 Zink und Zinkverbindungen	401
354	14.11.3 Cadmium, Quecksilber und ihre Verbindungen	403
357	15 Lanthanoide und Actinoide	406
357	15.1 Lanthanoide	406
358	15.2 Actinoide	408
360	16 Metallcarbonyle und Organometallverbindungen	411
360	16.1 Metallcarbonyle	411
361	16.2 Organometallverbindungen	414
363		
365		
368		
368		
369		
371		
373		
373		
374		
376		
377		
377		
379		
383		
385		
385		
386		
387		
389		
389		
390		
	ORGANISCHE CHEMIE	
	17 Aufbau und Reaktionstypen organischer Verbindungen	417
	17.1 Bindungsverhältnisse in Kohlenwasserstoffen	417
	17.2 Reaktionsprinzipien und reaktive Teilchen	421
	17.2.1 Bindungslösung und Bindungsneuknüpfung	421
	17.2.2 Reaktionstypen	423
	17.2.3 Molekularität der Reaktionen	427
	17.3 Nomenklatur organischer Verbindungen	429
	17.3.1 Trivialnamen	429
	17.3.2 Systematische Nomenklatur	430
	18 Alkane und Cycloalkane	434
	18.1 Konstitution der Alkane	434
	18.2 Nomenklatur und IUPAC-Regeln für Alkane	435
	18.3 Physikalische Eigenschaften der Alkane	436
	18.4 Konformation der Alkane	438
	18.5 Cycloalkane - Nomenklatur und Konformation	440
	18.6 Reaktionen der Alkane	442

18.6.1	Oxidation und Verbrennung	442
18.6.2	Umsetzung mit Halogenen	443
19	Alkene und Alkine	446
19.1	Definition und Klassifizierung	446
19.2	Nomenklatur	447
19.3	cis-trans-Isomerie bei Alkenen	448
19.4	Mechanismus der elektrophilen Addition	449
19.5	Reaktionen der Alkene	450
19.6	Regel von MARKOWNIKOW	452
19.7	1,4-Addition an konjugierte Diene	454
19.8	Alkine	456
19.8.1	Struktur und Eigenschaften	456
19.8.2	Additionsreaktionen der Alkine	456
20	Aromatische Verbindungen	459
20.1	Allgemeines	459
20.2	Nomenklatur aromatischer Verbindungen	462
20.3	Elektrophile aromatische Substitution	464
20.4	Dirigierende Wirkung von Substituenten bei der Zweitsubstitution	467
21	Heterocyclen	471
21.1	Struktur und Nomenklatur	471
21.2	Heterocycloaliphaten	472
21.3	Heteroaromatene	472
21.3.1	Fünfgliedrige Ringsysteme	472
21.3.2	Sechsgliedrige Ringsysteme	474
22	Stereoisomere und optische Aktivität	476
22.1	Allgemeines	476
22.2	Optische Aktivität und linear polarisiertes Licht	476
22.3	Chiralität und Molekülsymmetrie	479
22.4	Einteilung der Isomere	482
22.5	Nomenklatur der Stereoisomere	483
22.6	Moleküle mit mehreren Chiralitätszentren	486
23	Amine	489
23.1	Klassifizierung und Nomenklatur	489
23.2	Eigenschaften der Amine	490
23.3	Herstellung von Aminen	492
23.4	Reaktionen von Aminen	494

23.4.1	Elektrophile Reaktion	499
23.4.2	Umsetzung mit salpentriger Säure	499
23.4.3	Aromatische Diazoniumverbindungen	499
23.5	Herstellung von Azofarbstoffen	499
24	Alkohole und Phenole	501
24.1	Klassifizierung und Nomenklatur	501
24.2	Eigenschaften von Alkoholen und Phenolen	501
24.3	Herstellung von Alkoholen und Phenolen	501
24.4	Reaktionen von Alkoholen	501
24.4.1	Dehydratisierung	501
24.4.2	Umsetzungen mit Halogenwasserstoffen	501
24.4.3	Anorganische Ester	501
24.4.4	Redoxreaktionen	501
24.5	Reaktionen von Phenolen	501
24.5.1	Oxidation	501
24.5.2	Aromatische Substitution	501
25	Ether und Epoxide	501
25.1	Klassifizierung und Nomenklatur	501
25.2	Physikalische Eigenschaften	501
25.3	Herstellung von Ethern und Epoxiden	501
25.4	Reaktionen von Ethern und Epoxiden	501
26	Aldehyde und Ketone	501
26.1	Einleitung	501
26.2	Nomenklatur	501
26.3	Nucleophile Addition an Carbonylverbindungen	501
26.4	Umsetzungen von Aldehyden und Ketonen	501
26.4.1	Bildung von Acetalen und Ketalen	501
26.4.2	Addition von Wasser	501
26.4.3	Addition von Blausäure	501
26.4.4	Addition von N-Nucleophilen	501
26.4.5	Oxidations- und Reduktionsreaktionen	501
26.5	Keto-Enol-Tautomerie	501
26.6	Aldol-Reaktionen	501
27	Carbonsäuren und ihre Derivate	501
27.1	Einleitung	501
27.2	Nomenklatur	501
27.3	Physikalische Eigenschaften	501
27.4	Carbonylaktivität	501

442	23.4.1 Elektrophile Reaktion	494
443	23.4.2 Umsetzung mit salpetriger Säure	494
446	23.4.3 Aromatische Diazoniumverbindungen	496
446	23.5 Herstellung von Azofarbstoffen	497
447	24 Alkohole und Phenole	499
448	24.1 Klassifizierung und Nomenklatur	499
449	24.2 Eigenschaften von Alkoholen und Phenolen	501
450	24.3 Herstellung von Alkoholen und Phenolen	504
452	24.4 Reaktionen von Alkoholen	507
454	24.4.1 Dehydratisierung	507
456	24.4.2 Umsetzungen mit Halogenwasserstoffen	508
456	24.4.3 Anorganische Ester	509
456	24.4.4 Redoxreaktionen	511
459	24.5 Reaktionen von Phenolen	512
459	24.5.1 Oxidation	512
462	24.5.2 Aromatische Substitution	513
464		
467	25 Ether und Epoxide	515
471	25.1 Klassifizierung und Nomenklatur	515
471	25.2 Physikalische Eigenschaften	516
472	25.3 Herstellung von Ethern und Epoxiden	516
472	25.4 Reaktionen von Ethern und Epoxiden	517
474		
476	26 Aldehyde und Ketone	520
476	26.1 Einleitung	520
476	26.2 Nomenklatur	520
479	26.3 Nucleophile Addition an Carbonylverbindungen	521
482	26.4 Umsetzungen von Aldehyden und Ketonen	524
483	26.4.1 Bildung von Acetalen und Ketalen	524
486	26.4.2 Addition von Wasser	525
489	26.4.3 Addition von Blausäure	526
489	26.4.4 Addition von N-Nucleophilen	526
490	26.4.5 Oxidations- und Reduktionsreaktionen	528
492	26.5 Keto-Enol-Tautomerie	531
494	26.6 Aldol-Reaktionen	531
489	27 Carbonsäuren und ihre Derivate	534
489	27.1 Einleitung	534
490	27.2 Nomenklatur	534
492	27.3 Physikalische Eigenschaften	536
494	27.4 Carbonylaktivität	537

27.5	Herstellung und Umsetzungen	538
27.5.1	Carbonsäuren	538
27.5.2	Carbonsäurehalogenide	540
27.5.3	Carbonsäureanhydride	541
27.5.4	Carbonsäureester	542
27.5.5	Carbonsäureamide	544
28	Bifunktionelle Säuren, Fette und Tenside	545
28.1	Dicarbonsäuren	545
28.2	Hydroxycarbonsäuren	547
28.3	Ketocarbonsäuren	549
28.4	Fette, Öle und Lipide	550
28.5	Tenside	552
29	Kohlenhydrate	555
29.1	Einleitung	555
29.2	Monosaccharide	556
29.2.1	Konfiguration und Klassifizierung	556
29.2.2	Cyclische Strukturen	557
29.2.3	Reaktionen der Monosaccharide	559
29.3	Disaccharide	561
29.4	Polysaccharide	563
30	Aminosäuren, Peptide und Proteine	566
30.1	Einleitung	566
30.2	Proteinogene Aminosäuren	566
30.2.1	Struktur und Klassifizierung	566
30.2.2	Säure-Base-Eigenschaften	569
30.2.3	Charakteristische Reaktionen	571
30.3	Peptide und Proteine	573
30.3.1	Definition, Einteilung und Nomenklatur	573
30.3.2	Primärstruktur von Proteinen	575
30.3.3	Raumstruktur von Proteinen	576

CHEMISCHE TECHNOLOGIE

31	Rohstoffe der anorganischen und organischen Chemie	579
31.1	Allgemeines zur Energie- und Rohstoffsituation	579
31.2	Biogene Rohstoffe	580

31.2.1	Erdöl und Erdgas	5
31.2.2	Kohle	5
31.2.3	Biomasse	5
31.3	Anorganische Rohstoffe	5
31.3.1	Luft	5
31.3.2	Wasser	5
31.3.3	Rohstoffe der Erdkruste	5
31.4	Industrielle Basisprodukte	5
31.4.1	Anorganika	5
31.4.2	Synthesegaschemie	6
31.4.3	Produkte der Erdölraffinerie	6
31.4.4	Paraffine und Folgeprodukte	6
31.4.5	Olefine	6
31.4.6	Acetylen	6
31.4.7	Aromaten	6
32	Ausgewählte Verfahren der industriellen Chemie	6
32.1	Einleitung und Übersicht	6
32.2	Chemische Umsetzungen in Verbrennungsöfen	6
32.2.1	Formaldehydherstellung (Oxidehydrierung von Methanol)	6
32.2.2	Salpetersäureherstellung (OSTWALD-Verfahren)	6
32.3	Chemische Umsetzungen in Röhrenöfen	6
32.3.1	Synthesegasherstellung (aus Erdöl oder Erdgas)	6
32.3.2	Ethylenherstellung (Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen)	6
32.4	Chemische Umsetzungen in Etagenöfen	6
32.4.1	Schwefelsäureherstellung	6
32.4.2	Methanolherstellung aus Synthesegas	6
32.4.3	Kohlenstoffmonoxid-Konvertierung in Synthesegas	6
32.5	Chemische Umsetzungen in Rohrbündelreaktoren	6
32.5.1	MSA-Herstellung über Buten- bzw. Butan-Oxidation	6
32.5.2	Ethylenoxidherstellung (Oxidation von Ethylen)	6
32.5.3	Acroleinherstellung	6
32.6	Chemische Umsetzungen in Vollraumreaktoren	6
32.6.1	Leichtbenzinherstellung (Reforming)	6
32.6.2	Entschwefelung von Erdölfraktionen (Hydrotreating)	6

538	31.2.1	Erdöl und Erdgas	581
538	31.2.2	Kohle	581
540	31.2.3	Biomasse	583
541	31.3	Anorganische Rohstoffe	586
542	31.3.1	Luft	586
544	31.3.2	Wasser	587
	31.3.3	Rohstoffe der Erdkruste	589
545	31.4	Industrielle Basisprodukte	591
545	31.4.1	Anorganika	591
547	31.4.2	Synthesegaschemie	599
549	31.4.3	Produkte der Erdölraffinerie	605
550	31.4.4	Paraffine und Folgeprodukte	606
552	31.4.5	Olefine	607
	31.4.6	Acetylen	610
555	31.4.7	Aromaten	611
555	32	Ausgewählte Verfahren	
556		der industriellen Chemie	615
556	32.1	Einleitung und Übersicht	615
557	32.2	Chemische Umsetzungen in Verbrennungsöfen	616
559	32.2.1	Formaldehydherstellung (Oxidehydrierung von Methanol)	616
561	32.2.2	Salpetersäureherstellung (OSTWALD-Verfahren)	618
563	32.3	Chemische Umsetzungen in Röhrenöfen	623
	32.3.1	Synthesegasherstellung (aus Erdöl oder Erdgas)	623
	32.3.2	Ethylenherstellung (Pyrolyse von Kohlenwasserstoffen)	625
566	32.4	Chemische Umsetzungen in Etagenöfen	629
566	32.4.1	Schwefelsäureherstellung	629
566	32.4.2	Methanolherstellung aus Synthesegas	633
566	32.4.3	Kohlenstoffmonoxid-Konvertierung in Synthesegas	635
569	32.5	Chemische Umsetzungen in Rohrbündelreaktoren	636
571	32.5.1	MSA-Herstellung über Buten- bzw. Butan-Oxidation	637
573	32.5.2	Ethylenoxidherstellung (Oxidation von Ethylen)	638
573	32.5.3	Acroleinherstellung	641
575	32.6	Chemische Umsetzungen in Vollraumreaktoren	643
576	32.6.1	Leichtbenzinherstellung (Reforming)	643
	32.6.2	Entschwefelung von Erdölfraktionen (Hydrotreating)	647

OGIE**nd organischen**

579			
579			
580			

18	Inhaltsverzeichnis	Inhaltsverzeichnis
32.7	Chemische Umsetzungen in Rührkesselreaktoren	649
32.7.1	Allgemeines	649
32.7.2	Polyethylenherstellung (LD-Polyethylen)	650
32.8	Chemische Umsetzungen in Fermentern (Bioreaktoren)	652
32.8.1	Reaktortypen	652
32.8.2	Herstellung von Citronensäure	654
32.9	Chemische Umsetzungen in elektrochemischen Reaktoren	655
32.9.1	Allgemeines	655
32.9.2	Herstellung von Natronlauge (und Chlor)	657
33	Technologisch wichtige Kunststoffe	663
33.1	Einteilung und Struktur der Kunststoffe	663
33.1.1	Thermoplaste	663
33.1.2	Elastomere	664
33.1.3	Duromere	664
33.2	Polymerisation	665
33.2.1	Radikalkettenpolymerisation	666
33.2.2	Ionenkettenpolymerisation	668
33.2.3	Polymerisationsmethoden	672
33.3	Polymerisate	674
33.3.1	Polyolefine	674
33.3.2	Halogenhaltige Polymerisate	678
33.3.3	Acrylpolymerisate	682
33.4	Polykondensation	684
33.4.1	Polyester	685
33.4.2	Polyamide, PA	689
33.4.3	Polykondensationsharze mit Formaldehyd	692
33.5	Polyaddition	698
33.5.1	Epoxidharzkunststoffe, EP	698
33.5.2	Polyurethane, PUR	702
33.6	Elastomere	707
33.6.1	Natürliche Polyisoprene	708
33.6.2	Synthetische Polydiene	709
33.6.3	Polymerisation der Diene	709
33.6.4	Vulkanisation	712
33.7	Kunststoffe aus Cellulose	713
33.7.1	Veresterung der Cellulose	713
33.7.2	Celluloseether	716
33.8	Temperaturbeständige Polymere	718
33.8.1	Fluorpolymere	719
33.8.2	Polyaryle	719
33.8.3	Heterocyclische Polymere und Leiterpolymere	72
33.8.4	Kohlenstoffpolymere	72
33.9	Silicone	72
33.9.1	Herstellung der Ausgangsmaterialien	72
33.9.2	Herstellung höhermolekularer Silicone	72
33.9.3	Technische Siliconprodukte	72
34	Produktionsintegrierter Umweltschutz	72
34.1	Umweltschutz in der chemischen Industrie	72
34.2	Charakterisierung emissionsarmer Produktionsverfahren	73
34.3	Emissionsminderung durch Umstellung chemischer Prozesse	73
34.3.1	Verbesserte Prozeßkontrolle und -steuerung	73
34.3.2	Einsatz neuer Reaktortypen und Verfahrenstechniken	74
34.3.3	Einsatz von Katalysatoren	74
34.3.4	Optimierung der Prozeßführung und Produktaufarbeitung	74
34.3.5	Neue Synthesewege	74
34.4	Verwertung von Prozeßrückständen	75
34.4.1	Rückführung von nicht umgesetzten Rohstoffen in den Prozeß	75
34.4.2	Stoffliche Verwertung von Prozeßrückständen	75
34.4.3	Thermische Verwertung von Prozeßrückständen	75
34.5	Verringerung des Energie- und Wasserverbrauchs	75
34.5.1	Wassereinsparung und Aufbau von Kreisläufen für Wasser	75
34.5.2	Energierückgewinnung durch Wärmeverbund- systeme und wärmetechnische Optimierung	76
Anhang		76
Tabelle A-1:	Ausgewählte Eigenschaften der chemischen Elemente	76
Tabelle A-2:	Elektronenkonfigurationen der Elemente	76
Sachwortverzeichnis		76

ktoren	649	33.8.3	Heterocyclische Polymere	
	649		und Leiterpolymere	721
hylen)	650	33.8.4	Kohlenstoffpolymere	722
	652	33.9	Silicone	723
	652	33.9.1	Herstellung der Ausgangsmaterialien	723
	654	33.9.2	Herstellung höhermolekularer Silicone	724
	655	33.9.3	Technische Siliconprodukte	726
	655	34	Produktionsintegrierter Umweltschutz	729
Chlor)	657	34.1	Umweltschutz in der chemischen Industrie	729
	663	34.2	Charakterisierung emissionsarmer	
	663		Produktionsverfahren	732
	663	34.3	Emissionsminderung durch Umstellung	
	664		chemischer Prozesse	738
	664	34.3.1	Verbesserte Prozeßkontrolle und -steuerung	738
	665	34.3.2	Einsatz neuer Reaktortypen und	
	666		Verfahrenstechniken	740
	666	34.3.3	Einsatz von Katalysatoren	744
	668	34.3.4	Optimierung der Prozeßführung und	
	672		Produktaufarbeitung	746
	674	34.3.5	Neue Synthesewege	748
	674	34.4	Verwertung von Prozeßrückständen	751
	678	34.4.1	Rückführung von nicht umgesetzten Rohstoffen	
	682		in den Prozeß	751
	684	34.4.2	Stoffliche Verwertung von Prozeßrückständen	754
	685	34.4.3	Thermische Verwertung von	
	689		Prozeßrückständen	756
naldehyd	692	34.5	Verringerung des Energie- und Wasserverbrauchs	759
	698	34.5.1	Wassereinsparung und Aufbau von Kreisläufen	
	698		für Wasser	759
	702	34.5.2	Energierückgewinnung durch Wärmeverbund-	
	707		systeme und wärmetechnische Optimierung	761
	708	Anhang		766
	709	Tabelle A-1:	Ausgewählte Eigenschaften	
	709		der chemischen Elemente	766
	712	Tabelle A-2:	Elektronenkonfigurationen der Elemente	773
	713	Sachwortverzeichnis		778
	713			
	716			
	718			
	719			
	719			