

Inhaltsverzeichnis

1	Gegenstand, Bedeutung und Entwicklung der Chemie	17
1.1	Gegenstand der Chemie	17
1.2	Entstehung, Entwicklung und Bedeutung der Chemie	18
2	Stoffe	20
2.1	Begriff des Stoffes (Stoff – Körper)	20
2.2	Atomarer Aufbau der Stoffe	20
2.3	Physikalische Eigenschaften der Stoffe – Aggregatzustände	21
2.4	Reine Stoffe und Stoffgemische	24
2.5	Lösungen und Konzentrationseinheiten	26
2.6	Die physikalische Trennung von Mischungen	28
2.6.1	Übersicht über Trennoperationen	28
2.6.2	Trennung von Stoffgemischen durch Änderung des Aggregatzustandes	30
2.7	Elemente und Verbindungen	34
3	Atombau	36
3.1	Elementarteilchen	36
3.2	Aufbau des Atoms	36
3.2.1	Bau des Atomkerns	37
3.2.1.1	Nuclide und Isotope	38
3.2.2	Bau der Atom- oder Elektronenhülle	39
3.2.2.1	Welle-Teilchen-Dualismus der Elektronen	39
3.2.2.2	Energieniveaus, Elektronenzustände, Quantenzahlen	42
3.2.2.3	Räumlicher Bau der Atomhülle – Orbitale	43
3.2.2.4	Elektronenkonfiguration – Atommodelle	45
3.2.2.5	Gesetzmäßigkeiten im Bau der Atomhülle	49
3.3	Atombau als Ordnungsprinzip der Elemente	50
4	Periodensystem der Elemente	52
4.1	Anordnung der Elemente nach ihrer Ähnlichkeit	52
4.1.1	Entwicklung des Periodensystems	52
4.1.2	Halogene und Edelgase als Beispiel	52
4.2	Anordnung der Elemente und Darstellung des Periodensystems	54
4.2.1	Atombau als Ordnungsprinzip	54
4.2.2	Lang- und Kurzperiodensystem	55
4.3	Periodizität der Eigenschaften der Elemente	57
4.3.1	Gleiche Eigenschaften	57
4.3.2	Eigenschaften, die sich periodisch ändern	58
4.4	Bedeutung dieser Gesetzmäßigkeiten für die Chemie	59
5	Chemische Bindung	61
5.1	Grundlagen der chemischen Bindung	61
5.2	Atombindung	62
5.2.1	Wesen der Atombindung	62
5.2.1.1	VB-Methode	63
5.2.1.2	σ -Bindung	64

5.2.1.3	π -Bindung	65
5.2.1.4	Grundlagen der MO-Methode	65
5.2.2	Polarisierte Atombindung	67
5.2.3	Richtung der Atombindung	69
5.2.4	Atombindigkeit	70
5.2.5	Mesomerie	71
5.2.6	Eigenschaften der Verbindungen mit Atombindung	72
5.3	Ionenbeziehung	73
5.3.1	Wesen der Ionenbeziehung	73
5.3.2	Ionisierungsenergie und Elektronenaffinität	74
5.3.3	Ionenwertigkeit	74
5.3.4	Eigenschaften von Verbindungen mit Ionenbeziehung	75
5.4	Metallbindung	77
5.5	Zwischenmolekulare Bindung	78
5.6	Chemische Bindung und PSE	80
5.7	Besonderheiten der chemischen Bindung	81
5.7.1	Bindungsverhältnisse am Kohlenstoffatom	81
5.7.2	Bindungsverhältnisse in Komplexverbindungen	83
5.7.2.1	Komplexverbindungen	83
5.7.2.2	Struktur der Komplexe	84
5.7.2.3	Wertigkeiten in Komplexverbindungen	87
5.7.2.4	Komplexbildung am Metallion	89
5.7.2.5	Bezeichnung von Komplexverbindungen	90
5.8	Grundbegriffe der Kristallchemie	91
6	Disperse Systeme	94
6.1	Grundbegriffe	94
6.1.1	Aufbau disperser Systeme	94
6.1.2	Dispersitätsgrad	94
6.1.3	Arten disperser Systeme	94
6.1.4	Eigenschaften disperser Systeme	95
6.2	Kolloiddisperse Systeme	97
6.2.1	Arten der Kolloide	98
6.2.2	Herstellung kolloider Systeme	99
6.2.3	Eigenschaften kolloiddisperser Substanzen	100
6.2.3.1	Hydrophile und hydrophobe Kolloide	100
6.2.3.2	Reversible und irreversible Kolloide	101
6.2.3.3	Schutzkolloide	101
6.2.3.4	Sol-Gel-Umwandlung	101
6.2.3.5	Adsorption	102
6.3	Bedeutung der Kolloidchemie	102
7	Massen-, Volumen- und Energieverhältnisse bei chemischen Reaktionen	104
7.1	Verbindung und chemische Reaktion	104
7.2	Gesetz von der Erhaltung der Masse und Gesetz der bestimmten Masseverhältnisse	105
7.3	Relative Atommasse und relative Molekülmasse	106
7.4	Stoffmenge, Mol und Avogadro-Konstante	107
7.5	Stoffmengen- und Äquivalentkonzentration	108
7.6	Gesetz von Avogadro	110

7.7	Zustandsgleichung der Gase	111
7.8	Stöchiometrische Berechnungen	112
7.9	Thermodynamische Grundbegriffe zur energetischen Charakterisierung chemischer Reaktionen	112
7.9.1	Innere Energie, Enthalpie und der 1. Hauptsatz der Thermodynamik	112
7.9.2	Thermodynamische Reaktionsgrößen	114
7.9.2.1	Molare Reaktions- und Bildungsenthalpien	114
7.9.2.2	Direkte und indirekte Bestimmung von Reaktionsenthalpien	116
7.9.3	Entropie, Prozessrichtung und der 2. Hauptsatz der Thermodynamik	117
7.9.3.1	Prinzip von Thomsen und Berthelot	118
7.9.3.2	Gibbs-Helmholtz-Gleichung und die freie Reaktionsenthalpie	118
7.9.3.3	Triebkraft und Gleichgewicht bei chemischen Reaktionen	119
8	Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz	121
8.1	Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen	121
8.2	Chemisches Gleichgewicht	122
8.3	Verschiebung der Gleichgewichtslage	124
8.3.1	Einfluss des Drucks	124
8.3.2	Einfluss der Temperatur	126
8.3.3	Einfluss der Konzentration	126
8.4	Chemisches Gleichgewicht in heterogenen Systemen	127
8.5	Beschleunigte Gleichgewichtseinstellung	129
8.5.1	Einfluss der Temperatur	129
8.5.2	Einfluss von Katalysatoren	130
8.6	Zusammenwirkung von Druck, Temperatur und Katalysator	131
8.7	Reaktionsgeschwindigkeit	133
8.8	Reaktionsordnung	134
8.9	Massenwirkungsgesetz	136
8.9.1	Ableitung des Massenwirkungsgesetzes	136
8.9.2	Anwendung des Massenwirkungsgesetzes	137
9	Reaktionen anorganischer Verbindungen	142
9.1	Aufbau und Abbau von Ionengittern	142
9.1.1	Dissoziationskonstante und Dissoziationsgrad	142
9.1.2	Konzentration und Aktivität	144
9.1.3	Löslichkeitsprodukt	145
9.2	Säure-Base-Reaktionen	148
9.2.1	Die Brönstedtsche Säure-Base-Definition	148
9.2.2	Korrespondierende Säure-Base-Paare	150
9.2.3	Protolyte – Ampholyte	152
9.2.4	Protolytische Reaktionen	153
9.2.5	Die Autoprotolyse des Wassers	154
9.2.6	Der pH-Wert	155
9.2.7	Die Stärke der Protolyte	157
9.2.8	Der pK_S -Wert und der pK_B -Wert	158
9.2.9	Berechnung des pH-Wertes	163
9.2.10	Säure-Base-Titration	165
9.2.11	Titration schwacher und mittelstarker Protolyte – Pufferlösungen	169

9.2.12	Saure oder basische Reaktion wässriger Salzlösungen (Hydrolyse)	173
9.2.13	Basischer und saurer Charakter von Metallhydroxiden (amphotere Hydroxide) . .	174
9.3	Redoxreaktionen	175
9.3.1	Oxidation als Elektronenabgabe – Reduktion als Elektronenaufnahme	175
9.3.2	Korrespondierende Redoxpaare	176
9.3.3	Weitere Beispiele für Redoxsysteme	179
10	Elektrochemie und Korrosion	183
10.1	Einführung	183
10.2	Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen	185
10.2.1	Spezifische elektrische Leitfähigkeit	185
10.2.2	Einfluss von Temperatur und Konzentration auf die spezifische elektrische Leitfähigkeit	187
10.2.3	Anwendung der Leitfähigkeitsmessung	189
10.3	Elektrochemische Gleichgewichte	189
10.3.1	Verhalten der Metalle gegenüber Oxonium- oder Hydronium-Ionen	189
10.3.2	Galvanische Zellen	191
10.3.3	Entstehen von Potenzialdifferenzen	193
10.3.4	Standardpotenziale von Metallelektroden	197
10.3.5	Standardpotenziale für Elektroden mit Nichtmetall-Ionen	203
10.3.6	Standardpotenziale bei Ionenumladungen und bei anderen Redoxvorgängen . . .	206
10.4	Galvanische Elemente	207
10.4.1	Quellenspannung und Klemmenspannung	207
10.4.2	Konzentrationselement	208
10.4.3	Primärelemente	214
10.4.4	Sekundärelemente	215
10.4.4.1	Bleiakkumulator (Bleisammler)	216
10.4.4.2	Eisen-Nickel-Akkumulator (Stahlsammler)	218
10.4.4.3	Nickel-Metallhydrid-Akkumulator (NMH)	218
10.4.5	Brennstoffzellen	220
10.5	Elektrolyse	220
10.5.1	Begriffe	220
10.5.2	Elektrodenvorgänge	222
10.5.2.1	Katodenvorgänge	222
10.5.2.2	Anodenvorgänge	223
10.5.3	Elektrolyse von Salzschnmelzen	224
10.5.4	Elektrolyse in wässriger Lösung	224
10.5.4.1	Allgemeine Regeln	224
10.5.4.2	Beispiele für Elektrolysen in wässriger Lösung	227
10.5.5	Faradaysche Gesetze	230
10.6	Anwendung der Elektrolyse	232
10.6.1	Elektrogravimetrie und Coulometrie	232
10.6.2	Technische Schmelzflusselektrolysen	233
10.6.3	Elektrolytische Metallraffination	235
10.6.4	Alkalichloridelektrolyse	236
10.6.4.1	Diaphragmaverfahren	237
10.6.4.2	Amalgam- oder Quecksilberverfahren	238
10.6.4.3	Membranverfahren	239

10.6.5	Galvanisieren und Aloxieren (Eloxieren)	240
10.6.6	Elysieren	241
10.7	Korrosion von Metallen	242
10.7.1	Begriff und Bedeutung der Korrosion	242
10.7.2	Elektrochemische Korrosion	242
10.7.3	Korrosion bei Eisenlegierungen	244
10.7.3.1	Rosten	245
10.7.3.2	Verzundern	246
10.8	Korrosionsschutz der Metalle	247
10.8.1	Aktiver und passiver Korrosionsschutz der Metalle	247
10.8.2	Passiver Korrosionsschutz für unlegierte Eisenwerkstoffe	248
10.8.2.1	Untergrundvorbehandlung unlegierter Eisenwerkstoffe	248
10.8.2.2	Korrosionsschutzüberzüge für unlegierte Eisenwerkstoffe	249
11	Wasserstoff	253
11.1	Elementarer Wasserstoff	253
11.2	Verbindungen des Wasserstoffs	255
11.2.1	Wasser	255
11.2.2	Wasserstoffperoxid	256
12	Halogene	258
12.1	Übersicht über die Elemente der 7. Hauptgruppe	258
12.2	Chlor	260
12.3	Verbindungen des Chlors	262
12.3.1	Chlorwasserstoff und Salzsäure	262
12.3.2	Oxide und Sauerstoffsäuren des Chlors	263
12.4	Brom und seine Verbindungen	265
12.5	Iod und seine Verbindungen	266
12.6	Fluor und seine Verbindungen	267
13	Elemente der Sauerstoffgruppe	269
13.1	Übersicht über die Elemente der 6. Hauptgruppe	269
13.2	Sauerstoff	269
13.3	Ozon	272
13.4	Schwefel	273
13.5	Verbindungen des Schwefels	275
13.5.1	Schwefelwasserstoff	275
13.5.2	Schwefeldioxid	276
13.5.3	Schweflige Säure	278
13.5.4	Schwefeltrioxid	279
13.5.5	Schwefelsäure	281
13.6	Selen und Tellur	283
14	Elemente der Stickstoffgruppe	285
14.1	Übersicht über die Elemente der 5. Hauptgruppe	285
14.2	Stickstoff	285
14.3	Verbindungen des Stickstoffs	288
14.3.1	Ammoniak	288
14.3.2	Stickstoffoxide	294
14.3.3	Salpetrige Säure	295

14.3.4	Salpetersäure	295
14.3.5	Kalkstickstoff	297
14.3.6	Stickstoffdüngemittel	298
14.4	Phosphor	300
14.5	Verbindungen des Phosphors	302
14.5.1	Phosphorwasserstoff	303
14.5.2	Phosphorhalogenverbindungen	303
14.5.3	Oxide und Sauerstoffsäuren des Phosphors	304
14.5.4	Phosphat-Düngemittel	307
14.5.5	Phosphororganische Verbindungen	308
14.6	Arsen und seine Verbindungen	309
14.7	Antimon und seine Verbindungen	309
14.8	Bismut und seine Verbindungen	310
15	Nichtmetalle der Kohlenstoffgruppe	312
15.1	Übersicht über die Elemente der 4. Hauptgruppe	312
15.2	Kohlenstoff	312
15.3	Verbindungen des Kohlenstoffs	318
15.3.1	Kohlenstoffmonoxid	318
15.3.2	Kohlenstoffdioxid	320
15.3.3	Kohlensäure	323
15.3.4	Kohlenwasserstoffe	324
15.3.5	Carbide	324
15.3.6	Cyanide	325
15.4	Silicium	326
15.5	Verbindungen des Siliciums	327
15.5.1	Siliciumdioxid	327
15.5.2	Kieselsäure und Silicate	328
15.6	Technische Silicate	330
15.6.1	Gläser	330
15.6.2	Keramische Erzeugnisse	332
15.7	Silicone	334
15.8	Germanium	336
15.9	Bor und seine Verbindungen	337
16	Edelgase	339
16.1	Vorkommen der Edelgase	339
16.2	Eigenschaften und Verwendung der Edelgase	339
17	Eigenschaften, Vorkommen und Darstellungsprinzipien der Metalle	341
17.1	Eigenschaften der Metalle	341
17.2	Vorkommen der Metalle	346
17.3	Aufbereitung der Erze	347
17.4	Darstellungsprinzipien der Metalle	348
17.4.1	Reduktion von Schwermetalloxiden	349
17.4.2	Raffination der Rohmetalle	351

18	Metalle der 1. Hauptgruppe	354
18.1	Übersicht über die Metalle der 1. Hauptgruppe	354
18.2	Lithium	355
18.3	Natrium	356
18.3.1	Elementares Natrium	356
18.3.2	Natriumverbindungen	356
18.4	Kalium	359
18.4.1	Elementares Kalium	359
18.4.2	Kaliumverbindungen	360
18.4.3	Gewinnung der Kalisalze	361
19	Metalle der 2. Hauptgruppe	365
19.1	Übersicht über die Metalle der 2. Hauptgruppe	365
19.2	Magnesium	366
19.2.1	Elementares Magnesium	366
19.2.2	Magnesiumverbindungen	367
19.3	Calcium	368
19.3.1	Elementares Calcium	368
19.3.2	Calciumverbindungen	368
19.4	Barium	369
19.5	Baubindemittel	370
19.5.1	Bedeutung der Baubindemittel	370
19.5.2	Luftbinder	370
19.5.2.1	Kalk	370
19.5.2.2	Gips	371
19.5.2.3	Magnesiabinder	371
19.5.3	Hydraulische Bindemittel	371
19.5.3.1	Zemente	371
19.5.3.2	Weitere hydraulische Bindemittel	373
19.5.4	Hydrothermale Bindemittel	374
19.5.4.1	Kalksandstein	374
19.5.4.2	Porenbeton	374
20	Metalle der 3. Hauptgruppe	375
20.1	Übersicht über die Elemente der 3. Hauptgruppe	375
20.2	Aluminium	375
20.2.1	Elementares Aluminium	375
20.2.2	Aluminiumverbindungen	377
20.2.3	Aluminothermisches Verfahren	379
21	Metalle der 4. Hauptgruppe	380
21.1	Übersicht über die Elemente der 4. Hauptgruppe	380
21.2	Zinn	380
21.2.1	Elementares Zinn	380
21.2.2	Zinnverbindungen	381
21.3	Blei	382
21.3.1	Elementares Blei	382
21.3.2	Bleiverbindungen	383

22	Metalle der 1. und 2. Nebengruppe	385
22.1	Übersicht über die Metalle der 1. Nebengruppe	385
22.2	Kupfer	385
22.2.1	Elementares Kupfer	385
22.2.2	Kupferverbindungen	389
22.3	Silber	389
22.3.1	Elementares Silber	389
22.3.2	Silberverbindungen	390
22.4	Übersicht über die Metalle der 2. Nebengruppe	391
22.5	Zink	391
22.6	Quecksilber	393
22.6.1	Elementares Quecksilber	393
22.6.2	Quecksilberverbindungen	394
23	Eisen und Stahl	396
23.1	Übersicht über die Metalle der 8. Nebengruppe	396
23.2	Eisen	396
23.2.1	Elementares Eisen	396
23.2.2	Eisenverbindungen	398
23.3	Eisen- und Stahlgewinnung	399
23.3.1	Roheisengewinnung	399
23.3.2	Stahlgewinnung	402
23.4	Cobalt	405
23.5	Nickel	407
24	Wichtige Metalle der 4. bis 7. Nebengruppe	409
24.1	4. Nebengruppe	409
24.2	5. Nebengruppe	410
24.3	6. Nebengruppe	411
24.4	7. Nebengruppe	415
25	Chemie und Technologie des Wassers	419
25.1	Die wirtschaftliche Bedeutung des Wassers	419
25.2	Natürliches Wasser	419
25.3	Wasserhärte	420
25.4	Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit	421
25.4.1	Anforderungen an die Trinkwassergüte	421
25.4.2	Anforderungen der Industrie an Brauchwasser	422
25.5	Trinkwasseraufbereitung	423
25.5.1	Flockung und Filtration	424
25.5.2	Kalk-Kohlenstoffdioxid-Gleichgewicht	426
25.5.3	Entkeimung des Wassers	427
25.6	Enthärtung des Wassers	428
25.7	Abwasserreinigung	430
25.7.1	Mechanische Reinigung	430
25.7.2	Biologische Reinigung	431
25.7.3	Schlammbehandlung	434

25.8	Wasseruntersuchung	437
25.8.1	Bestimmung der Wasserhärte	437
25.8.2	Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs	438
26	Gegenstand der organischen Chemie	440
26.1	Gegenstand der organischen Chemie	440
26.2	Aufgaben und Bedeutung der organischen Chemie	441
26.3	Zusammensetzung, Formeln und Isomerie organischer Verbindungen	442
26.4	Einteilung und Nomenklatur organischer Verbindungen	445
26.5	Bindungsverhältnisse	446
26.5.1	Die σ - und die π -Bindung	446
26.5.2	Polarisation der Atombindung	449
26.6	Eigenschaften organischer Verbindungen	451
26.6.1	Schmelz- und Siedepunkt organischer Verbindungen	451
26.6.2	Löslichkeit organischer Verbindungen	452
26.7	Reaktionen organischer Verbindungen	453
26.7.1	Reaktionsgeschwindigkeit	453
26.7.2	Reaktionsarten	454
27	Gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe – Alkane	457
28	Ungesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe – Alkene und Alkine	464
28.1	Alkene – Olefine	465
28.2	Alkadiene – Diolefine	469
28.3	Alkine – Acetylene	473
29	Halogenverbindungen der Alkane und Alkene	476
29.1	Halogenalkane	476
29.2	Halogenalkene	478
30	Derivate der aliphatischen Kohlenwasserstoffe	483
30.1	Funktionelle Gruppen	483
30.2	Alkanole (Alkohole)	484
30.2.1	Einwertige Alkanole	484
30.2.2	Mehrwertige Alkanole	486
30.2.3	Technisch wichtige Alkanole	486
30.3	Alkanale (Aldehyde)	488
30.4	Alkanone (Ketone)	490
30.5	Alkansäuren	491
30.6	Alkensäuren	494
30.7	Substituierte Carbonsäuren und Carbonsäurederivat	495
30.7.1	Substituierte Carbonsäuren – optische Isomerie	495
30.7.2	Carbonsäurederivate und Derivate der Kohlensäure	497
30.8	Ester	498
30.9	Ether	500

31	Cyclische Verbindungen	503
31.1	Cycloalkane – Naphthene	503
31.2	Aromatische Kohlenwasserstoffe – Benzol	504
31.3	Substitutionsprodukte aromatischer Kohlenwasserstoffe	509
31.4	Phenole	511
31.5	Aromatische Alkohole und Carbonsäuren	512
31.6	Kondensierte aromatische Ringsysteme	514
31.7	Heterocyclische Verbindungen	515
32	Petrol- und Kohlechemie	517
32.1	Entstehung, Vorkommen und Inhaltsstoffe von Erdöl und Erdgas	517
32.2	Physikalische Trennung von Erdölbestandteilen	518
32.3	Erdölveredlung mit chemischen Methoden – Petrolchemie	521
32.4	Inhaltsstoffe, Entstehung und Vorkommen der Kohle	523
32.5	Verfahren der Kohleveredlung	524
32.6	Kraftstoffe	526
32.7	Schmieröle und Schmierfette	527
33	Eiweiße, Fette und Kohlenhydrate	530
33.1	Aminosäuren	530
33.2	Proteine	531
33.3	Fette und fette Öle	532
33.4	Seifen und synthetische Waschgrundstoffe	533
33.5	Kohlenhydrate	536
33.5.1	Monosaccharide	537
33.5.2	Oligosaccharide	538
33.5.3	Polysaccharide: Stärke und Cellulose	539
34	Polymere Werkstoffe und Faserstoffe – Kunststoffe	542
34.1	Arten der Polymerisation und Polymereigenschaften	542
34.2	Thermoplaste auf der Basis von Ethen und Ethenderivaten	544
34.3	Synthetischer Kautschuk	549
34.4	Duroplaste auf der Basis von Phenolen	551
34.5	Kunststoffe auf der Basis von Harnstoff und anderen Stickstoffverbindungen	552
34.6	Epoxidharze	553
34.7	Polyester	554
34.8	Polyamide	555
34.9	Kunststoffe auf Cellulosebasis	556
	Literaturverzeichnis	560
	Lösungen zu den Aufgaben	561
	Anlagen	589
	Sachwortverzeichnis	608