

# Inhaltsverzeichnis

Erste Hilfe bei akuten Notfällen (siehe Begleitheft)	
Vorworte	V
Zur Geschichte dieses Buches	VII

## 1 Allgemeiner Teil

<b>1.1 Theoretische Vorbemerkungen und historischer Rückblick</b>	2
<b>1.1.1 Periodensystem der Elemente – Aufbau der Materie</b>	2
<b>1.1.2 Ionenlehre und Bindungsarten</b>	11
<b>1.1.3 Säure-Base-Gleichgewicht</b>	17
1.1.3.1 Molarität, Molalität, Normalität	17
1.1.3.2 Säuren, Basen, Neutralisation	17
<b>1.1.4 Chemisches Gleichgewicht – Massenwirkungsgesetz – Löslichkeitsprodukt</b>	20
1.1.4.1 Massenwirkungsgesetz	20
1.1.4.2 Dissoziation und Dissoziationsgrad	22
1.1.4.3 Hydrolyse und Pufferlösung	25
1.1.4.4 Löslichkeitsprodukt	26
<b>1.1.5 Oxidation und Reduktion</b>	27
1.1.5.1 Wertigkeit und Oxidationsstufe	29
1.1.5.2 Periodensystem und Oxidationsstufe	30
1.1.5.3 Disproportionierung, Komproportionierung, (Synproportionierung)	32
1.1.5.4 Spannungsreihe und Redoxpotential	33
<b>1.1.6 Stöchiometrisches Rechnen</b>	36
<b>1.1.7 Komplexchemie</b>	39
<b>1.1.8 Kolloidchemie</b>	43
<b>1.1.9 Nomenklatur</b>	48

<b>1.2</b>	<b>Praktische Vorbemerkungen</b>	55
1.2.1	Giftgefahren und Arbeitsschutz	55
1.2.2	Allgemeine Arbeitsregeln	56
1.2.3	Entsorgung von Laborabfällen	57
1.2.4	Trennung durch Kristallisation oder Niederschlagsbildung, Destillation, Eindampfen	59
1.2.5	Trocknen, Trockenmittel	61
1.2.6	Erhitzen	62
1.2.7	Glasbearbeitung	63
1.2.8	Behandlung von Platingeräten	64
1.2.9	Behandlung physikalischer Apparate	65
1.2.10	Arbeitstechnik und Geräte der Halbmikroanalyse	65

## 2 Qualitative Analyse und Präparate

<b>2.1</b>	<b>Grundsätzliches</b>	73
2.1.1	Nachweis von Anionen und Kationen	73
2.1.1.1	Spezifität und Selektivität	74
2.1.1.2	Grenzkonzentration	75
2.1.1.3	Erfassungsgrenze	75
2.1.2	Darstellung von Präparaten	76
<b>2.2</b>	<b>Die wichtigsten Nichtmetalle und einige ihrer Verbindungen</b>	77
2.2.1	Wasserstoff	78
2.2.1.1	Wasser, Wasserstoffperoxid	80
2.2.2	III. Hauptgruppe des Periodensystems	83
2.2.2.1	Bor und seine Verbindungen	84
2.2.3	IV. Hauptgruppe des Periodensystems	85
2.2.3.1	Kohlenstoff und seine Verbindungen	85
	Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Kohlensäure, Carbonate	86
	Essigsäure und Acetate	89
	Oxalsäure und Oxalate	89
	Cyanwasserstoffsäure, Cyanide und Cyanokomplexe	90
	Komplexe Cyanide	92
	Thiocyansäure und Thiocyanate	94

2.2.3.2	Silicium und seine Verbindungen . . . . .	95
<b>2.2.4</b>	<b>V. Hauptgruppe des Periodensystems</b> . . . . .	98
2.2.4.1	Stickstoff und seine Verbindungen . . . . .	98
	Ammoniak . . . . .	99
	Derivate des Ammoniaks . . . . .	100
	Distickstoffmonoxid . . . . .	103
	Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid . . . . .	103
	Salpetrige Säure und Nitrite . . . . .	104
	Salpetersäure und Nitrate . . . . .	106
2.2.4.2	Phosphor und seine Verbindungen . . . . .	109
	Phosphorsäure und Phosphate . . . . .	109
	Analyse bei Gegenwart von Phosphorsäure . . . . .	113
<b>2.2.5</b>	<b>VI. Hauptgruppe des Periodensystems</b> . . . . .	115
2.2.5.1	Sauerstoff und seine Verbindungen . . . . .	115
	Darstellung von $O_2$ . . . . .	115
2.2.5.2	Schwefel und seine Verbindungen . . . . .	117
	Schwefelwasserstoff und Sulfide . . . . .	119
	Schwefeldioxid, schweflige Säure und Sulfite . . . . .	120
	Schwefelsäure und Sulfate . . . . .	123
	Peroxoschwefelsäuren . . . . .	125
	Thioschwefelsäure und Thiosulfate . . . . .	125
	Trennung und Nachweis von $S^{2-}$ , $SO_3^{2-}$ , $SO_4^{2-}$ , $S_2O_3^{2-}$ und $CO_3^{2-}$ . . . . .	126
<b>2.2.6</b>	<b>VII. Hauptgruppe des Periodensystems</b> . . . . .	128
2.2.6.1	Fluor und seine Verbindungen . . . . .	128
	Fluorwasserstoff und Fluoride . . . . .	128
	Trennung und Nachweis von $F^-$ und $SiF_6^{2-}$ . . . . .	131
	Trennung und Nachweis von Silicaten, Boraten und $F^-$ . . . . .	131
2.2.6.2	Chlor und seine Verbindungen . . . . .	132
	Salzsäure und Chloride . . . . .	135
	Säurechloride, Thionylchlorid, Phosphoryltrichlorid . . . . .	137
	Sulfurylchlorid . . . . .	138
	Chlorsauerstoffverbindungen . . . . .	139
2.2.6.3	Brom, Iod und ihre Verbindungen . . . . .	141
	Trennung und Nachweis von $Cl^-$ , $Br^-$ , $I^-$ und $NO_3^-$ . . . . .	145
<b>2.2.7</b>	<b>Nachweis der Anionen</b> . . . . .	146
2.2.7.1	Die häufigsten Anionen und ihr Nachweis . . . . .	146
2.2.7.2	Nachweis aller Anionen . . . . .	148
	Analyse bei Gegenwart von $CN^-$ und $SCN^-$ . . . . .	153
	Analyse bei Gegenwart von $C_2O_4^{2-}$ . . . . .	153

<b>2.3</b>	<b>Die Metalle und ihre Verbindungen</b>	
	<b>Analyse und Trennung der Kationen</b>	154
<b>2.3.1</b>	<b>I. Hauptgruppe des PSE, Lösliche Gruppe</b>	155
2.3.1.1	Natrium	155
	Spektralanalyse, Flammenfärbung	157
2.3.1.2	Kalium	159
2.3.1.3	Ammonium	161
2.3.1.4	Magnesium	164
2.3.1.5	Trennung und Nachweis von $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{Mg}^+$	167
<b>2.3.2</b>	<b>II. Hauptgruppe des PSE, Ammoniumcarbonat Gruppe</b>	168
2.3.2.1	Calcium	169
2.3.2.2	Strontium	172
2.3.2.3	Barium	174
2.3.2.4	Trennung und Nachweis von $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$	176
	Chromat-Sulfat Verfahren	176
	Aufschluß der Erdalkali-Sulfate	177
<b>2.3.3</b>	<b>Nebengruppen des PSE</b>	
	<b>Elemente der Ammoniumsulfid-Urotropin-Gruppe</b>	178
2.3.3.1	Nickel	180
2.3.3.2	Cobalt	184
2.3.3.3	Mangan	186
2.3.3.4	Zink	192
2.3.3.5	Eisen	195
	Isopolyoxo-Kationen	198
	Nernstsches Verteilungsgesetz	200
2.3.3.6	Aluminium	203
2.3.3.7	Chrom	208
	Isopolysäuren	211
2.3.3.8	Seltenere Elemente	214
2.3.3.9	Titan	215
2.3.3.10	Vanadium	218
2.3.3.11	Molybdän	220
2.3.3.12	Wolfram	222
2.3.3.13	Seltenere Erden, III. Nebengruppe des PSE	225
2.3.3.14	Uran	226
2.3.3.15	Analysengang der Ammoniumsulfid-Urotropin-Gruppe	228
	Vorproben	228
	Kationentrennungsgang	228
	Urotropin-Verfahren	229
	Ammoniumsulfid-Verfahren	232
	Urotropin-Trennung unter Berücksichtigung der „selteneren“ Elemente	234
	Aufschluß der Oxide	237

<b>2.3.4</b>	<b>Elemente der Schwefelwasserstoffgruppe</b>	239
2.3.4.1	Quecksilber	240
2.3.4.2	Blei	244
2.3.4.3	Bismut	247
2.3.4.4	Kupfer	249
2.3.4.5	Cadmium	252
2.3.4.6	Trennungsgang der Kupfergruppe	256
2.3.4.7	Arsen	258
2.3.4.8	Antimon	263
2.3.4.9	Zinn	269
2.3.4.10	Trennungsgang der Arsen-Zinn-Gruppe	273
<b>2.3.5</b>	<b>Elemente der Salzsäuregruppe</b>	276
2.3.5.1	Silber	276
2.3.5.2	Trennungsgang der Salzsäuregruppe	279
<b>2.4</b>	<b>Systematischer Gang der Analyse</b>	281
<b>2.4.1</b>	<b>Vorproben</b>	281
<b>2.4.2</b>	<b>Trennungsgang der Kationen</b>	286
2.4.2.1	Säureschwerlösliche Gruppe	286
2.4.2.2	Die HCl-Gruppe	289
2.4.2.3	Die H <sub>2</sub> S-Gruppe	291
2.4.2.4	Die Ammoniumsulfid-Urotropin Gruppe	296
2.4.2.5	Ammoniumcarbonatgruppe	306
2.4.2.6	Die Lösliche-Gruppe	308

### 3 Quantitative Analyse

<b>3.1</b>	<b>Theorie</b>	309
3.1.1	Arbeitsabschnitte	309
3.1.2	Bewertungsgrundlagen	311
3.1.3	Trennmethoden	313
3.1.4	Bestimmungsverfahren	315
<b>3.2</b>	<b>Arbeitsgeräte</b>	317
3.2.1	Analytische Waagen	317
3.2.2	Meßgefäße	318

3.2.3	Sonstige Grundgeräte . . . . .	321
3.2.4	Sondergeräte . . . . .	321
<b>3.3</b>	<b>Gravimetrische Verfahren . . . . .</b>	<b>322</b>
3.3.1	Allgemeine Grundlagen . . . . .	322
3.3.2	Einzelbestimmung von Anionen . . . . .	327
3.3.3	Einzelbestimmung von Kationen . . . . .	331
<b>3.4</b>	<b>Titrimetrische Verfahren . . . . .</b>	<b>347</b>
3.4.1	Allgemeine Grundlagen . . . . .	347
3.4.2	Neutralisationsverfahren . . . . .	353
3.4.2.1	Grundlagen . . . . .	353
	Titrationen . . . . .	354
	Indikatoren . . . . .	358
	Arbeitsbedingungen und Fehlerquellen . . . . .	361
3.4.2.2	Maßlösung und Titerstellung . . . . .	361
3.4.2.3	Titration mit Laugen . . . . .	364
3.4.2.4	Titration mit Säuren . . . . .	366
3.4.2.5	Titration nach Ionenaustausch . . . . .	368
3.4.3	<b>Redoxverfahren . . . . .</b>	<b>371</b>
3.4.3.1	Grundlagen . . . . .	371
	Titrationen . . . . .	372
	Redoxindikatoren . . . . .	374
	Fehler . . . . .	375
3.4.3.2	Permanganatometrie . . . . .	375
3.4.3.3	Iodometrie . . . . .	379
3.4.3.4	Bromatometrie . . . . .	382
3.4.3.5	Dichromatometrie . . . . .	383
3.4.3.6	Cerimetrie . . . . .	384
3.4.3.7	Ferrometrie . . . . .	385
3.4.4	<b>Fällungsverfahren . . . . .</b>	<b>386</b>
3.4.4.1	Grundlagen . . . . .	386
	Titrationen . . . . .	387
	Indikatoren . . . . .	388
3.4.4.2	Argentometrie . . . . .	389
3.4.4.3	Hydrolytische Fällungsverfahren . . . . .	392
3.4.5	<b>Komplexbildungs-Titrationen . . . . .</b>	<b>393</b>
3.4.5.1	Grundsätzliches . . . . .	393
3.4.5.2	Komplexometrie . . . . .	394
	Komplexbeständigkeit . . . . .	396
	Metallindikatoren . . . . .	398
3.4.5.3	Carbamatometrie . . . . .	402

<b>3.5</b>	<b>Trennungen</b>	405
<b>3.5.1</b>	<b>Trennung durch Fällung</b>	405
3.5.1.1	Abtrennung als Hydroxide	405
3.5.1.2	Abtrennung als organische Komplexe	407
3.5.1.3	Abtrennung als Sulfide	408
3.5.1.4	Abtrennung als organische Sulfidderivate	409
<b>3.5.2</b>	<b>Trennung durch Extraktion</b>	409
<b>3.5.3</b>	<b>Maskierung statt Trennung</b>	412
<b>3.5.4</b>	<b>Trennung über die Gasphase</b>	415
<b>3.5.5</b>	<b>Trennung durch Chromatographie an Ionenaustauschern</b>	418
<b>3.6</b>	<b>Elektroanalytische Methoden</b>	421
<b>3.6.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	421
3.6.1.1	Elektrochemische Einheiten	421
3.6.1.2	Potentialbildung und Nernstsches Gesetz	424
<b>3.6.2</b>	<b>Potentiometrie</b>	427
3.6.2.1	Indikator- und Bezugselektroden	427
3.6.2.2	Meßanordnungen	430
3.6.2.3	Titrationen mit potentiometrischer Endpunktsanzeige	431
<b>3.6.3</b>	<b>Elektrogravimetrie</b>	432
3.6.3.1	Theoretische Grundlagen	433
3.6.3.2	Versuchsanordnung	437
3.6.3.3	Elektrogravimetrische Bestimmungen	439
<b>3.6.4</b>	<b>Polarographie</b>	441
3.6.4.1	Theoretische Grundlagen	442
3.6.4.2	Meßanordnung	444
3.6.4.3	Polarographische Bestimmungen	445
<b>3.6.5</b>	<b>Konduktometrie</b>	446
3.6.5.1	Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen	447
3.6.5.2	Kurvenformen	448
3.6.5.3	Meßanordnung	451
3.6.5.4	Titration mit konduktometrischer Endpunktsanzeige	452
<b>3.7</b>	<b>Optische Methoden</b>	453
<b>3.7.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	453
3.7.1.1	Grundbegriffe und Grundgesetze	453
3.7.1.2	Geräte	455
<b>3.7.2</b>	<b>Photometrische Bestimmungen</b>	459

<b>3.8</b>	<b>Gasanalyse</b>	462
<b>3.8.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	462
3.8.1.1	Gasgesetze	462
3.8.1.2	Geräte	464
<b>3.8.2</b>	<b>Chemische Methoden der Gasanalyse</b>	466
3.8.2.1	Qualitativer Nachweis	467
3.8.2.2	Absorptometrie	467
3.8.2.3	Verbrennungsanalyse	469
3.8.2.4	Gasvolumetrie	471
3.8.2.5	Gastitrimetrie	473
3.8.2.6	Gasgravimetrie	474
<b>3.8.3</b>	<b>Physikalisch-chemische Methoden der Gasanalyse</b>	475
3.8.3.1	Wärmeleitfähigkeitsmethode	475
3.8.3.2	Weitere Methoden	476
3.8.3.3	Gaschromatographie	476
<b>3.9</b>	<b>Chemische Materialkontrolle technischer Produkte</b>	479
<b>3.9.1</b>	<b>Praktische Vorbemerkungen</b>	479
<b>3.9.2</b>	<b>Wasseranalyse</b>	480
<b>3.9.3</b>	<b>Mineralanalyse</b>	482
<b>3.9.4</b>	<b>Glasanalyse (Anorganische Gläser)</b>	489
<b>3.9.5</b>	<b>Legierungsanalyse</b>	493
<b>3.9.6</b>	<b>Analyse technischer Gase</b>	507

## **4 Anhang**

<b>4.1</b>	<b>Tabellen</b>	510
	Übliche Konzentrationen der wichtigsten Lösungen	511
	Tabellen über Dichte und Gehalt wäßriger Lösungen	512
	Elektronenanordnung der Elemente	518
	Relative Atommassen der Elemente	520
<b>4.2</b>	<b>Verzeichnis der Zeichen und Symbole</b>	522
<b>4.3</b>	<b>Verzeichnis der Wortabkürzungen</b>	526
<b>4.4</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	527



## 5 Register

<b>5.1</b>	<b>Formelregister der Präparate . . . . .</b>	<b>531</b>
<b>5.2</b>	<b>Namenregister . . . . .</b>	<b>532</b>
<b>5.3</b>	<b>Sachregister . . . . .</b>	<b>535</b>
	Kristallaufnahmen . . . . .	559
	Spektraltafel . . . . .	565