

# 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

## X Inhaltsverzeichnis

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

## 2 Qualitative Analyse und Präparate

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

<b>2.2.3.2</b>	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 Nitrat e . . . . .	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 <sub>2</sub> . . . . .	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 <sup>2-</sup> , SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> und CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	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 <sup>-</sup> und SiF <sub>6</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	131
	Trennung und Nachweis von Silikaten, Boraten und F <sup>-</sup> . . . . .	131
2.2.6.2	Chlor und seine Verbindungen . . . . .	132
	Salzsäure und Chloride . . . . .	135
	Säurechloride, Thionylchlorid, Phosphorylchlorid . . . . .	137
	Sulfurylchlorid . . . . .	138
	Chlorsauerstoffverbindungen . . . . .	139
2.2.6.3	Brom, Iod und ihre Verbindungen . . . . .	141
	Trennung und Nachweis von Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> und NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . . . . .	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 <sup>-</sup> und SCN <sup>-</sup> . . . . .	153
	Analyse bei Gegenwart von C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> . . . . .	153

<b>2.3 Die Metalle und ihre Verbindungen</b>		
<b>Analyse und Trennung der Kationen</b>		154
<b>2.3.1 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 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 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 Seltene 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 Seltene Erden, III. Nebengruppe des PSE		225
2.3.3.14 Uran		226
2.3.3.15 Analysengang der Ammoniumsulfid-Urotropingruppe		228
Vorproben		228
Kationentrennungsgang		228
Urotropin-Verfahren		229
Ammoniumsulfid-Verfahren		232
Urotropin-Trennung unter Berücksichtigung der „sel teneren“ Elemente		234
Aufschluß der Oxide		237

<b>2.3.4 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 Elemente der Salzsäuregruppe</b>	276
2.3.5.1 Silber	276
2.3.5.2 Trennungsgang der Salzsäuregruppe	279
<b>2.4 Systematischer Gang der Analyse</b>	281
<b>2.4.1 Vorproben</b>	281
<b>2.4.2 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 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 Arbeitsgeräte</b>	317
3.2.1 Analytische Waagen	317
3.2.2 Meßgefäße	318

## XIV Inhaltsverzeichnis

---

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

---

<b>3.5 Trennungen . . . . .</b>	405
<b>3.5.1 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 Trennung durch Extraktion . . . . .</b>	409
<b>3.5.3 Maskierung statt Trennung . . . . .</b>	412
<b>3.5.4 Trennung über die Gasphase . . . . .</b>	415
<b>3.5.5 Trennung durch Chromatographie an Ionenaustauschern . . . . .</b>	418
<b>3.6 Elektroanalytische Methoden . . . . .</b>	421
<b>3.6.1 Allgemeine Grundlagen . . . . .</b>	421
3.6.1.1 Elektrochemische Einheiten . . . . .	421
3.6.1.2 Potentialbildung und Nernstsches Gesetz . . . . .	424
<b>3.6.2 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 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 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 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 Optische Methoden . . . . .</b>	453
<b>3.7.1 Allgemeine Grundlagen . . . . .</b>	453
3.7.1.1 Grundbegriffe und Grundgesetze . . . . .	453
3.7.1.2 Geräte . . . . .	455
<b>3.7.2 Photometrische Bestimmungen . . . . .</b>	459

<b>3.8 Gasanalyse . . . . .</b>	462
<b>3.8.1 Allgemeine Grundlagen . . . . .</b>	462
3.8.1.1 Gasgesetze . . . . .	462
3.8.1.2 Geräte . . . . .	464
<b>3.8.2 Chemische Methoden der Gasanalyse . . . . .</b>	466
3.8.2.1 Qualitativer Nachweis . . . . .	467
3.8.2.2 Absorptiometrie . . . . .	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 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 Chemische Materialkontrolle technischer Produkte . . . . .</b>	479
<b>3.9.1 Praktische Vorbemerkungen . . . . .</b>	479
<b>3.9.2 Wasseranalyse . . . . .</b>	480
<b>3.9.3 Mineralanalyse . . . . .</b>	482
<b>3.9.4 Glasanalyse (Anorganische Gläser) . . . . .</b>	489
<b>3.9.5 Legierungsanalyse . . . . .</b>	493
<b>3.9.6 Analyse technischer Gase . . . . .</b>	507

## 4 Anhang

<b>4.1 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 Verzeichnis der Zeichen und Symbole . . . . .</b>	522
<b>4.3 Verzeichnis der Wortabkürzungen . . . . .</b>	526
<b>4.4 Literaturverzeichnis . . . . .</b>	527

## 5 Register

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