

# Inhaltsverzeichnis

Erste Hilfe bei Unfällen (Laienhilfe) . . . . .	III
Vorworte . . . . .	VII
Inhaltsverzeichnis . . . . .	XI
Literaturverzeichnis . . . . .	XVII
Verzeichnis der Zeichen und Symbole . . . . .	XIX
Verzeichnis der Wortabkürzungen . . . . .	XXIII
1. Allgemeiner Teil . . . . .	1
1.1. Theoretische Vorbemerkungen – Periodensystem der Elemente – Aufbau der Materie . . . . .	2
1.2. Praktische Vorbemerkungen . . . . .	5
1.2.1. Giftgefahren und Arbeitsschutz . . . . .	5
1.2.2. Allgemeine Arbeitsregeln . . . . .	5
1.2.3. Trennung durch Kristallisation oder Niederschlagsbildung, Destillation, Eindampfen . . . . .	6
1.2.4. Trocknen, Trockenmittel . . . . .	9
1.2.5. Erhitzen . . . . .	9
1.2.6. Glasbearbeitung . . . . .	10
1.2.7. Behandlung von Platingeräten . . . . .	10
1.2.8. Behandlung physikalischer Apparate . . . . .	11
1.2.9. Arbeitstechnik und Geräte der Halbmikroanalyse . . . . .	11
1. Qualitativer und präparativer Teil . . . . .	15
2.1. Grundsätzliches . . . . .	16
2.1.1. Nachweis von Anionen und Kationen . . . . .	16
<i>Spezifität und Selektivität</i> . . . . .	17
<i>Grenzkonzentration, Erfassungsgrenze</i> . . . . .	18
2.1.2. Darstellung von Präparaten . . . . .	18
2.2. Die wichtigsten Nichtmetalle und einige ihrer Verbindungen . . . . .	19
Sauerstoff . . . . .	20
<i>Oxidation, Reduktion</i> . . . . .	21
<i>Stöchiometrisches Rechnen</i> . . . . .	21
Wasserstoff . . . . .	24
Wasser und Wasserstoffperoxid . . . . .	26
<i>Katalyse</i> . . . . .	27
Chlor . . . . .	29
Salzsäure und Chloride . . . . .	31
<i>Molarität, Molalität, Normalität</i> . . . . .	31
<i>Säuren, Basen, Neutralisation</i> . . . . .	32
<i>Ionenlehre und Bindungsarten</i> . . . . .	34
<i>Oxidation und Reduktion</i> . . . . .	40
<i>Wertigkeit – Oxidationsstufe</i> . . . . .	42
<i>Chemisches Gleichgewicht</i> . . . . .	42
<i>Massenwirkungsgesetz (MWG)</i> . . . . .	43
<i>Massenwirkungsgesetz und Ionenlehre</i> . . . . .	44
<i>Dissoziation und Dissoziationsgrad</i> . . . . .	44
<i>Dissoziation des Wassers</i> . . . . .	46
Schwefel . . . . .	47
<i>Allotropie, Polymorphie</i> . . . . .	47

Schwefelwasserstoff und Sulfide . . . . .	48
Schwefeldioxid, schweflige Säure und Sulfite . . . . .	50
Schwefelsäure und Sulfate . . . . .	51
Stickstoff . . . . .	53
Ammoniak . . . . .	54
Distickstoffmonoxid . . . . .	55
Stickstoffoxid und Stickstoffdioxid . . . . .	55
Salpetrige Säure und Nitrite . . . . .	56
Salpetersäure und Nitrate . . . . .	56
Phosphor . . . . .	58
Phosphorsäure und Phosphate . . . . .	59
Kohlenstoff . . . . .	61
Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Kohlensäure und Carbonate . . . . .	61
Behandlung einer Analysesubstanz und Nachweis von $H^+$ , $OH^-$ , $Cl^-$ , $SO_4^{2-}$ , $NO_3^-$ , $CO_3^{2-}$ , $PO_4^{3-}$ und $S^{2-}$ . . . . .	63
Prüfung auf Anionen bei Gegenwart störender Kationen. Sodauszug . . . . .	65
2.3. Die Metalle und ihre Verbindungen . . . . .	66
<i>Ionenpotential</i> . . . . .	66
2.3.1. Lösliche Gruppe, I. Hauptgruppe des PSE (zusätzlich Mg und $NH_4^+$ ) . . . . .	67
Natrium . . . . .	68
<i>Hydrolyse und Pufferlösungen</i> . . . . .	68
<i>Spektralanalyse bzw. Flammenfärbung</i> . . . . .	70
Kalium . . . . .	72
<i>Löslichkeitsprodukt</i> . . . . .	73
Ammoniumion . . . . .	75
Magnesium . . . . .	77
Trennung und Nachweis von $Na^+$ , $K^+$ , $NH_4^+$ , $Mg^{2+}$ . . . . .	79
2.3.2. Ammoniumcarbonatgruppe, II. Hauptgruppe des PSE . . . . .	80
Calcium . . . . .	81
<i>Heterogene Gleichgewichte</i> . . . . .	81
Strontium . . . . .	84
Barium . . . . .	86
Trennung und Nachweis von $Ba^{2+}$ , $Sr^{2+}$ und $Ca^{2+}$ . . . . .	87
Chromat-Sulfat-Verfahren . . . . .	88
Aufschluß der Erdalkalisulfate . . . . .	88
Anionennachweis . . . . .	89
2.3.3. Ammoniumsulfid-Urotropin-Gruppe, Nebengruppen des PSE . . . . .	89
<i>Dia- und Paramagnetismus</i> . . . . .	89
<i>Periodensystem und Oxidationsstufen</i> . . . . .	90
Nickel, VIII. Nebengruppe des PSE . . . . .	92
Phosphorsalz- und Boraxperle . . . . .	94
Lötrohrreaktion . . . . .	95
<i>Grundlagen der Komplextheorie</i> . . . . .	96
<i>Nomenklaturfragen</i> . . . . .	102
Kobalt . . . . .	106
Mangan, VII. Nebengruppe des PSE . . . . .	108
<i>Weitere Ableitungen von Reaktionsgleichungen (Redox-Gleichungen)</i> . . . . .	111
<i>Disproportionierung und Komproportionierung (Synproportionierung)</i> . . . . .	113
Zink . . . . .	115
<i>Basizität der Hydroxide, Amphoterie, „Säuretypen“</i> . . . . .	115
Eisen . . . . .	120
<i>Isopolybasen</i> . . . . .	123
<i>Nernstsches Verteilungsgesetz</i> . . . . .	125
Aluminium . . . . .	127
Chrom . . . . .	132
<i>Isopolysäuren</i> . . . . .	135
„Seltenerer“ Elemente, IV.–VI. Nebengruppe des PSE . . . . .	137
<i>Heteropolysäuren</i> . . . . .	138

Titan . . . . .	138
Vanadin . . . . .	140
Molybdän . . . . .	142
Wolfram . . . . .	144
„Seltenerer“ Elemente, III. Nebengruppe des PSE . . . . .	146
Uran . . . . .	147
Analysengang der Ammoniumsulfid-Urotropingruppe . . . . .	149
Vorproben . . . . .	149
Kationentrennungsgang . . . . .	149
Trennung und Nachweis von Ni, Co, Zn, Fe, Al, Cr (und $\text{PO}_4^{3-}$ ) durch das Urotropinverfahren . . . . .	150
Trennung und Nachweis von Ni, Co, Mn, Zn, Fe, Al und Cr bei Ab- wesenheit von $\text{PO}_4^{3-}$ durch gemeinsame Fällung mit Ammo- niumsulfid . . . . .	153
Urotropintrennung unter Berücksichtigung der „selteneren“ Ele- mente U, Ti, Zr, V und W bei Gegenwart von $\text{PO}_4^{3-}$ . . . . .	154
Aufschluß geglühter Oxide . . . . .	157
Anionennachweis . . . . .	158
2.3.4. Schwefelwasserstoffgruppe . . . . .	158
2.3.4.1. Kupfergruppe . . . . .	159
Quecksilber, II. Nebengruppe des PSE . . . . .	159
Blei . . . . .	162
Wismut . . . . .	165
Kupfer, I. Nebengruppe des PSE . . . . .	166
<i>Spannungsreihe und Redoxpotential</i> . . . . .	167
Cadmium . . . . .	172
<i>Chromatographische Arbeitsmethoden</i> . . . . .	174
Trennungsgang der Kupfergruppe . . . . .	175
Vorproben . . . . .	175
Kationennachweis . . . . .	175
Zentrifugat der Kupfergruppe . . . . .	177
Aufschluß schwerlöslicher Verbindungen . . . . .	177
Anionennachweise . . . . .	177
2.3.4.2. Arsen-Zinn-Gruppe . . . . .	177
Arsen . . . . .	177
<i>Kolloidchemie</i> . . . . .	178
<i>Mitfällung</i> . . . . .	180
Antimon . . . . .	185
Zinn . . . . .	190
Trennungsgang der Arsen-Zinn-Gruppe . . . . .	193
Vorproben . . . . .	193
Kationennachweis . . . . .	193
Aufschluß schwerlöslicher Verbindungen . . . . .	195
Anionennachweis . . . . .	195
2.3.5. Salzsäuregruppe . . . . .	195
Silber . . . . .	196
Trennungsgang der Salzsäuregruppe . . . . .	198
Aufschluß schwerlöslicher Verbindungen . . . . .	199
Trennungsgang bei Gegenwart von Wolfram . . . . .	199
2.4. Nichtmetalle. Spezieller Teil . . . . .	200
2.4.1. Halogene, VII. Hauptgruppe des PSE . . . . .	200
Fluor und seine Verbindungen . . . . .	201
Fluorwasserstoff und Fluoride . . . . .	201
<i>Allgemeine Zusammenhänge im PSE</i> . . . . .	202
Trennung und Nachweis von $\text{F}^-$ und $[\text{SiF}_6]^{2-}$ . . . . .	205
Chlor und seine Verbindungen . . . . .	205
Säurechloride . . . . .	205
Chlorsauerstoffverbindungen . . . . .	207
Brom, Iod und ihre Verbindungen . . . . .	209
Trennung und Nachweis von $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ und $\text{NO}_3^-$ . . . . .	212

2.4.2. Chalkogene, VI. Hauptgruppe des PSE . . . . .	213
Analytisch wichtige Reaktionen des $H_2O_2$ . . . . .	213
Schwefel und seine Verbindungen . . . . .	214
Analytisch wichtige Reaktionen des $H_2SO_3$ und der Sulfito . . . . .	214
Thioschwefelsäure und Thiosulfate . . . . .	215
Trennung und Nachweis von $S^{2-}$ , $SO_3^{2-}$ , $SO_4^{2-}$ , $S_2O_3^{2-}$ und $CO_3^{2-}$ . . . . .	216
Vorproben . . . . .	216
Nachweise . . . . .	216
2.4.3. Stickstoff und Phosphor, V. Hauptgruppe des PSE . . . . .	217
Stickstoff und seine Verbindungen . . . . .	218
Derivate des Ammoniaks . . . . .	218
Analytisch wichtige Reaktionen der salpetrigen Säure und Nitrite . . . . .	220
Phosphor und seine Verbindungen . . . . .	221
Analyse bei Gegenwart von Phosphorsäure . . . . .	222
2.4.4. Kohlenstoff, Silicium und Bor. III. und IV. Hauptgruppe des PSE . . . . .	224
Kohlenstoff . . . . .	224
Essigsäure und Acetate . . . . .	224
Oxalsäure und Oxalate . . . . .	226
Cyanwasserstoffsäure, Cyanide und Cyanokomplexe . . . . .	226
Komplexe Cyanide . . . . .	228
Thiocyansäure und Thiocyanate . . . . .	229
Silicium und seine Verbindungen . . . . .	230
Analyse und Aufschluß von Silicaten . . . . .	233
Bor und seine Verbindungen . . . . .	233
Trennung und Nachweis von Silicaten, Boraten und $F^-$ . . . . .	234
Analyse bei Gegenwart von $CN^-$ , $SCN^-$ . . . . .	235
Analyse bei Gegenwart von $C_2O_4^{2-}$ . . . . .	236
2.5. Systematischer Gang der Analyse . . . . .	237
2.5.1. Vorproben . . . . .	237
2.5.2. Lösen und Aufschließen . . . . .	241
2.5.3. Allgemeiner Kationentrennungsgang . . . . .	242
2.5.4. Nachweis der Anionen . . . . .	253
2.5.5. Spezieller Trennungsgang der Kationen bei Anwendung der Halbmikro-Arbeitstechnik . . . . .	257
3. Quantitativer Teil . . . . .	268
3.1. Theoretische Vorbemerkungen . . . . .	268
3.1.1. Arbeitsabschnitte . . . . .	268
3.1.2. Bewertungsgrundlagen . . . . .	270
3.1.3. Trennmethode . . . . .	272
3.1.4. Bestimmungsverfahren . . . . .	273
3.2. Arbeitsgeräte . . . . .	274
3.2.1. Analytische Waagen . . . . .	274
3.2.2. Meßgefäße . . . . .	276
3.2.3. Sonstige Grundgeräte . . . . .	278
3.2.4. Sondergeräte . . . . .	278
3.3. Gravimetrische Verfahren . . . . .	278
3.3.1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	279
3.3.2. Einzelbestimmung von Anionen . . . . .	283
3.3.3. Einzelbestimmung von Kationen . . . . .	287
3.4. Titrimetrische Verfahren . . . . .	302
3.4.1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	302

3.4.2. Neutralisationsverfahren . . . . .	307
3.4.2.1. Grundlagen . . . . .	308
<i>Titrationen</i> . . . . .	308
<i>Indikatoren</i> . . . . .	311
<i>Arbeitsbedingungen und Fehlerquellen</i> . . . . .	315
3.4.2.2. Maßlösung und Titerstellung . . . . .	315
3.4.2.3. Titration mit Laugen . . . . .	317
3.4.2.4. Titration mit Säuren . . . . .	319
3.4.2.5. Titration nach Ionenaustausch . . . . .	321
3.4.3. Redoxverfahren . . . . .	323
3.4.3.1. Grundlagen . . . . .	323
<i>Titrationen</i> . . . . .	324
<i>Redoxindikatoren</i> . . . . .	326
<i>Fehler</i> . . . . .	327
3.4.3.2. Permanganometrie . . . . .	327
3.4.3.3. Iodometrie . . . . .	330
3.4.3.4. Bromatometrie . . . . .	333
3.4.3.5. Dichromatometrie . . . . .	334
3.4.3.6. Cerimetrie . . . . .	335
3.4.3.7. Ferrometrie . . . . .	336
3.4.4. Fällungsverfahren . . . . .	337
3.4.4.1. Grundlagen . . . . .	337
<i>Titrationen</i> . . . . .	337
<i>Indikatoren</i> . . . . .	338
3.4.4.2. Argentometrie . . . . .	340
3.4.4.3. Hydrolytische Fällungsverfahren . . . . .	342
3.4.5. Komplexbildungs-Titrationen . . . . .	343
3.4.5.1. Grundsätzliches . . . . .	343
3.4.5.2. Komplexometrie . . . . .	344
<i>Komplexbeständigkeit</i> . . . . .	346
<i>Metallindikatoren</i> . . . . .	347
3.4.5.3. Carbatometrie . . . . .	351
3.5. Trennungen . . . . .	353
3.5.1. Trennung durch Fällung . . . . .	353
3.5.1.1. Abtrennung als Hydroxyde . . . . .	354
3.5.1.2. Abtrennung als organische Komplexe . . . . .	355
3.5.1.3. Abtrennung als Sulfide . . . . .	356
3.5.1.4. Abtrennung als organische Sulfidderivate . . . . .	357
3.5.2. Trennung durch Extraktion . . . . .	358
3.5.3. Maskierung statt Trennung . . . . .	360
3.5.4. Trennung über die Gasphase . . . . .	363
3.5.5. Trennung durch Chromatographie an Ionenaustauschern . . . . .	365
3.6. Elektroanalytische Methoden . . . . .	367
3.6.1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	367
3.6.1.1. Elektrochemische Einheiten . . . . .	367
3.6.1.2. Potentialbildung und Nernstsches Gesetz . . . . .	370
3.6.2. Potentiometrie . . . . .	372
3.6.2.1. Indikator- und Bezugs Elektroden . . . . .	372
3.6.2.2. Meßanordnungen . . . . .	374
3.6.2.3. Titrationen mit potentiometrischer Endpunktsanzeige . . . . .	375
3.6.3. Elektrogravimetrie . . . . .	376
3.6.3.1. Theoretische Grundlagen . . . . .	376
3.6.3.2. Versuchsanordnung . . . . .	381
3.6.3.3. Elektrogravimetrische Bestimmungen . . . . .	382
3.6.4. Polarographie . . . . .	384
3.6.4.1. Theoretische Grundlagen . . . . .	384
3.6.4.2. Meßanordnung . . . . .	387
3.6.4.3. Polarographische Bestimmungen . . . . .	387
Konduktometrie . . . . .	388
3.6.5. Konduktometrie . . . . .	388

3.6.5.1. Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen . . . . .	389
3.6.5.2. Kurvenformen . . . . .	390
3.6.5.3. Meßanordnung . . . . .	392
3.6.5.4. Titration mit konduktometrischer Endpunktsanzeige . . . . .	393
3.7. Optische Methoden . . . . .	393
3.7.1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	393
3.7.1.1. Grundbegriffe und Grundgesetze . . . . .	394
3.7.1.2. Geräte . . . . .	396
3.7.2. Photometrische Bestimmungen . . . . .	399
3.8. Gasanalyse . . . . .	104
3.8.1. Allgemeine Grundlagen . . . . .	401
3.8.1.1. Gasgesetze . . . . . H.	401
3.8.1.2. Geräte . . . . .	403
3.8.2. Chemische Methoden der Gasanalyse . . . . .	405
3.8.2.1. Qualitativer Nachweis . . . . .	405
3.8.2.2. Absorptiometrie . . . . .	406
3.8.2.3. Verbrennungsanalyse . . . . .	407
3.8.2.4. Gasvolumetrie . . . . .	408
3.8.2.5. Gastitrimetrie . . . . .	410
3.8.2.6. Gasgravimetrie . . . . .	411
3.8.3. Physikalisch-chemische Methoden der Gasanalyse . . . . .	411
3.8.3.1. Wärmeleitfähigkeitsmethode . . . . .	412
3.8.3.2. Weitere Methoden . . . . .	412
3.8.3.3. Gaschromatographie . . . . .	413
3.9. Chemische Materialkontrolle technischer Produkte . . . . .	415
3.9.1. Praktische Vorbemerkungen . . . . .	415
3.9.2. Wasseranalyse . . . . .	415
3.9.3. Mineralanalyse . . . . .	418
3.9.4. Glasanalyse (Anorganische Gläser) . . . . .	423
3.9.5. Legierungsanalyse . . . . .	427
3.9.6. Analyse technischer Gase . . . . .	439
Übliche Konzentrationen der wichtigsten Lösungen . . . . .	442
Tabellen über Dichte und Gehalt wäßriger Lösungen . . . . .	443
Periodensystem der Elemente . . . . .	449
Elektronenanordnung der Elemente . . . . .	450
Relative Atommassen der Elemente . . . . .	452
Formelregister der Präparate . . . . .	453
Sachregister . . . . .	454
Kristallaufnahmen . . . . .	477
Spektraltafel . . . . .	483