

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung und Grundbegriffe . . . . .</b>	<b>1</b>
Gravimetrie und Titrimetrie . . . . .	1
Einteilung der Titrationen . . . . .	5
<b>2 Praktische Grundlagen der Maßanalyse . . . . .</b>	<b>7</b>
2.1 Geräte zur Volumenmessung . . . . .	8
2.1.1 Meßgeräte . . . . .	8
Meßkolben . . . . .	9
Meßzylinder . . . . .	12
Pipetten . . . . .	13
Büretten . . . . .	26
2.1.2 Reinigung und Trocknung . . . . .	36
2.1.3 Justierung und Nachprüfung . . . . .	38
Temperaturkorrektur . . . . .	38
Auftriebskorrektur . . . . .	39
Justierung eines Meßkolbens . . . . .	41
Justierung einer Pipette . . . . .	43
Nachprüfung einer Bürette . . . . .	44
Fehlerbetrachtung . . . . .	45
2.2 Lösungen für die Maßanalyse . . . . .	48
2.2.1 Empirische Lösungen, Normallösungen, Maßlösungen . . . . .	48
Stoffmenge . . . . .	50
Äquivalentteilchen . . . . .	51
Molare Masse . . . . .	53
Gehalt von Lösungen . . . . .	54
2.2.2 Herstellung von Maßlösungen . . . . .	61
2.3 Berechnung des Analysenergebnisses . . . . .	65
<b>3 Maßanalysen mit chemischer Endpunktbestimmung . . . . .</b>	<b>67</b>
3.1 Säure-Base-Titrationen . . . . .	67
3.1.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	67
Säuren und Basen . . . . .	67
Autoprolyse des Wassers . . . . .	73
Wasserstoffionenkonzentration und pH-Wert . . . . .	77
Stärke von Säuren und Basen . . . . .	79
Berechnung von pH-Werten . . . . .	83
Pufferlösungen . . . . .	92
3.1.2 Titrationskurven . . . . .	94
Titration starker Säuren und Basen . . . . .	95
Titration schwacher Säuren und Basen . . . . .	97

## VIII Inhaltsverzeichnis

3.1.3 Säure-Base-Indikatoren . . . . .	99
Indikatorumschlag . . . . .	100
Indikatorauswahl . . . . .	104
3.1.4 Praktische Anwendungen . . . . .	107
Einstellung von Säuren . . . . .	107
Einstellung von Laugen . . . . .	110
Bestimmung starker und schwacher Basen . . . . .	112
Bestimmung des Gesamtalkal Gehaltes von technischem Natriumhydroxid . . . . .	112
Bestimmung von Carbonaten sowie von Carbonaten und Hydroxiden nebeneinander . . . . .	113
Bestimmung von Carbonat und Hydrogencarbonat nebeneinander . . . . .	114
Bestimmung von Borax . . . . .	115
Bestimmung von Stickstoff nach Kjeldahl . . . . .	115
Bestimmung des Stickstoffgehaltes von Salpeter . . . . .	117
Bestimmung des Stickstoffgehaltes von Steinkohle . . . . .	118
Bestimmung des Gesamtstickstoffgehaltes eines Gartendüngers . . . . .	118
Bestimmung starker und schwacher Säuren . . . . .	119
Bestimmung von Schwefelsäure . . . . .	119
Bestimmung von Essigsäure . . . . .	120
Bestimmung von Borsäure . . . . .	121
Bestimmung von Magnesium . . . . .	123
Bestimmung von Ammoniumsalzen . . . . .	123
Bestimmung von Phosphorsäure . . . . .	124
Bestimmung nach Ionenaustausch . . . . .	125
3.2 Fällungstitrationen . . . . .	129
3.2.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	129
Lösegleichgewicht . . . . .	129
Löslichkeitsprodukt und Löslichkeit . . . . .	130
3.2.2 Titrationskurven . . . . .	132
3.2.3 Methoden der Endpunktbestimmung . . . . .	134
3.2.4 Bestimmung des Silbers und argentometrische Bestimmungen . . . . .	137
Herstellung der Maßlösungen . . . . .	137
Bestimmung von Silber nach Gay-Lussac . . . . .	138
Bestimmungen nach Volhard . . . . .	140
Bestimmung von Silber . . . . .	140
Bestimmung von Thiocyanat und von Kupfer . . . . .	141
Bestimmung von Halogeniden und Cyanid . . . . .	142
Bestimmungen nach Mohr . . . . .	143
Bestimmung von Chlorid in Natriumchloridlösung . . . . .	144
Bestimmung von Chlorid in Trinkwasser und in Abwasser . . . . .	144
Bestimmungen nach Fajans . . . . .	145
Bestimmung von Bromid, Iodid und Thiocyanat . . . . .	145

Bestimmung von Chlorid . . . . .	145
Bestimmung von Silber . . . . .	146
Bestimmung von Cyanid nach Liebig . . . . .	146
3.3 Oxidations- und Reduktionstitrationen . . . . .	147
3.3.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	147
Oxidation und Reduktion . . . . .	147
Oxidationszahl . . . . .	149
Redoxpotential . . . . .	152
3.3.2 Permanganometrische Bestimmungen . . . . .	154
Herstellung der Kaliumpermanganatlösung . . . . .	155
Bestimmung von Eisen in schwefelsaurer Lösung . . . . .	159
Bestimmung von Eisen in salzsaurer Lösung . . . . .	162
Bestimmung von Uran und von Phosphat . . . . .	166
Bestimmung von Oxalat . . . . .	167
Bestimmung von Calcium . . . . .	167
Bestimmung von Wasserstoffperoxid . . . . .	168
Bestimmung von Peroxodisulfat . . . . .	168
Bestimmung von Nitrit . . . . .	168
Bestimmung von Hydroxylamin . . . . .	169
Bestimmung von Mangan (IV) . . . . .	169
Bestimmung von Mangan (II) . . . . .	170
3.3.3 Dichromatometrische Bestimmungen . . . . .	172
Herstellung der Dichromatlösung . . . . .	174
Bestimmung von Eisen durch Tüpfelreaktion . . . . .	174
Bestimmung von Eisen mit Redoxindikatoren . . . . .	175
3.3.4 Cerimetrische Bestimmungen . . . . .	176
Herstellung der Cer(IV)-sulfatlösung . . . . .	177
Bestimmung von Eisen . . . . .	177
Bestimmung von Nitrit . . . . .	178
Bestimmung von Hexacyanoferrat (II) . . . . .	178
3.3.5 Ferrometrische Bestimmungen . . . . .	178
Herstellung der Eisen(II)-sulfatlösung . . . . .	179
Bestimmung von Chromat (VI) und Chrom (III) . . . . .	179
Bestimmung von Vanadium . . . . .	180
3.3.6 Bromatometrische Bestimmungen . . . . .	180
Herstellung der Kaliumbromatlösung . . . . .	181
Bestimmung von Arsen und Antimon . . . . .	181
Bestimmung von Bismut . . . . .	182
Bestimmung von Hydroxylamin . . . . .	182
Bestimmung von Metallionen als Oxinato-Komplexe . . . . .	183
Bestimmung von Aluminium . . . . .	183
3.3.7 Iodometrische Bestimmungen . . . . .	184
Endpunkterkennung . . . . .	186
Herstellung der Stärkelösung . . . . .	187

Herstellung der Natriumthiosulfatlösung . . . . .	188
Herstellung der Iodlösung . . . . .	191
Bestimmung von Sulfiden . . . . .	192
Bestimmung von Sulfiten . . . . .	193
Bestimmung von Hydrazin . . . . .	193
Bestimmung von Arsen und Antimon . . . . .	193
Bestimmung von Zinn . . . . .	194
Bestimmung von Quecksilber . . . . .	195
Bestimmung von Iodid . . . . .	196
Bestimmung von Chlorat, Bromat, Iodat und Periodat . . . . .	196
Bestimmung von Wasserstoffperoxid . . . . .	197
Bestimmung höherer Oxide . . . . .	198
Bestimmung von Kupfer . . . . .	201
3.4 Komplexbildungstitrationen . . . . .	204
3.4.1 Grundlagen der Komplexbildung . . . . .	205
Bezeichnungen und Definitionen . . . . .	205
Aufbau der Komplexe . . . . .	206
Nomenklaturregeln . . . . .	208
Stabilitätskonstante . . . . .	209
3.4.2 Grundlagen der Komplexbildungstitrationen . . . . .	209
3.4.3 Indikation des Endpunktes . . . . .	212
3.4.4 Chelatometrische Bestimmungen . . . . .	214
Herstellung der EDTA-Lösung . . . . .	214
Bestimmung von Magnesium . . . . .	214
Bestimmung von Calcium . . . . .	215
Bestimmung der Wasserhärte . . . . .	216
Bestimmung von Zink und Cadmium . . . . .	218
Bestimmung von Kupfer . . . . .	218
Bestimmung von Aluminium . . . . .	219
Bestimmung von Bismut . . . . .	219
Bestimmung von Eisen . . . . .	220
Bestimmung von Phosphat . . . . .	220
Bestimmung von Sulfat . . . . .	221
4 Maßanalysen mit physikalischer Endpunktbestimmung . . . . .	222
4.1 Übersicht über die Indikationsmethoden . . . . .	222
4.2 Photometrische Titrationsn . . . . .	224
4.2.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	225
4.2.2 Praktische Anwendungen . . . . .	227
Bestimmung von Calcium . . . . .	227
4.3 Konduktometrische Titrationsn . . . . .	229
4.3.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	230
4.3.2 Die Titriervorrichtung . . . . .	234
4.3.3 Leitfähigkeitsmessung . . . . .	236

4.3.4 Praktische Anwendungen . . . . .	238
Säure-Base-Titrationen . . . . .	238
Fällungstitrationen . . . . .	241
Leitfähigkeits titrationen bei erhöhter Temperatur . . . . .	241
4.3.5 Hochfrequenztitration . . . . .	243
4.4 Potentiometrische Titrationen . . . . .	245
4.4.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	246
4.4.2 Indikatorelektroden . . . . .	250
Metallelektronen . . . . .	250
Ionenselektive Elektroden . . . . .	253
4.4.3 Bezugselektroden . . . . .	262
4.4.4 Meßketten . . . . .	264
4.4.5 Stromlose Potentialmessung . . . . .	266
4.4.6 Praktische Anwendungen . . . . .	269
Fällungs- und Komplexbildungstitrationen . . . . .	269
Bestimmung von Halogeniden und von Silber . . . . .	269
Bestimmung von Halogeniden nebeneinander . . . . .	270
Bestimmung von Zink . . . . .	271
Bestimmung von Fluorid . . . . .	272
Säure-Base-Titrationen . . . . .	273
Oxidations- und Reduktionstitrationen . . . . .	273
Simultanbestimmung von Eisen und Mangan mit Permanganat	273
Bestimmung von Zinn und Antimon mit Dichromat . . . . .	274
Bestimmung von Vanadium mit Cer(IV) . . . . .	275
Bestimmung von Kupfer und Eisen mit Chrom(II) . . . . .	275
4.4.7 Auswertung . . . . .	278
4.5 Titrationen mit polarisierten Elektroden . . . . .	283
5.5.1 Polarisation von Elektroden . . . . .	283
4.5.2 Voltametrische Titrationen . . . . .	285
4.5.3 Amperometrische Titrationen . . . . .	286
4.5.4 Biamperometrische oder Dead-stop-Titrationen . . . . .	288
Wasserbestimmung nach Karl Fischer . . . . .	289
4.6 Coulometrische Titrationen . . . . .	293
4.6.1 Theoretische Grundlagen . . . . .	293
4.6.2 Praktische Anwendungen . . . . .	296
Bestimmung von Arsen mit Dead-stop-Indikation . . . . .	296
Alkalimetrische Titrationen . . . . .	297
Komplexometrische Titrationen . . . . .	297
Redoxtitrationen . . . . .	297

## XII Inhaltsverzeichnis

<b>5 Überblick über die Geschichte der Maßanalyse . . . . .</b>	<b>298</b>
Anhang . . . . .	308
Gehaltsangaben für gebräuchliche Laborlösungen . . . . .	308
Chemische Elemente . . . . .	309
Literaturverzeichnis . . . . .	311
Namenregister . . . . .	000
Sachregister . . . . .	000