

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung und Grundbegriffe	1
Gravimetrie und Titrimetrie	1
Einteilung der Titrationsen	5
2 Praktische Grundlagen der Maßanalyse	7
2.1 Geräte zur Volumenmessung	8
2.1.1 Meßgeräte	8
Meßkolben	10
Meßzylinder	12
Pipetten	14
Büretten	27
2.1.2 Reinigung und Trocknung	37
2.1.3 Prüfung von Meßgeräten	39
Temperaturkorrektur	40
Auftriebskorrektur	40
Prüfmittelüberwachung	42
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 Analyseergebnisses	65
3 Maßanalysen mit chemischer Endpunktbestimmung	67
3.1 Säure-Base-Titrationsen	67
3.1.1 Theoretische Grundlagen	67
Säuren und Basen	67
Autoprotolyse 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
3.1.3 Säure-Base-Indikatoren	99
Indikatorumschlag	100
Indikatorauswahl	104

VIII Inhaltsverzeichnis

3.1.4	Praktische Anwendungen	107
	Einstellung von Säuren	107
	Einstellung von Laugen	110
	Bestimmung starker und schwacher Basen	112
	Bestimmung des Gesamtalkaligehaltes von technischem Natriumhydroxid	112
	Bestimmung von Carbonaten sowie von Hydroxiden und Carbonaten 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	Fällungstitrationsen	129
3.2.1	Theoretische Grundlagen	129
	Lösegleichgewicht	129
	Löslichkeitsprodukt und Löslichkeit	130
3.2.2	Titrationenkurven	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 Komplexbildungstitrationsen	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 Komplexbildungstitrationsen	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	223
4.1 Übersicht über die Indikationsmethoden	223
4.2 Photometrische Titrationsen	225
4.2.1 Theoretische Grundlagen	226
4.2.2 Praktische Anwendungen	228
Bestimmung von Calcium	228
4.3 Konduktometrische Titrationsen	230
4.3.1 Theoretische Grundlagen	231
4.3.2 Die Titriervorrichtung	235
4.3.3 Leitfähigkeitsmessung	237
4.3.4 Praktische Anwendungen	239
Säure-Base-Titrationsen	239
Fällungstitrationsen	242

Leitfähigkeitstitrationen bei erhöhten Temperaturen	242
4.3.5 Hochfrequenztitration	244
4.4 Potentiometrische Titrationsen	246
4.4.1 Theoretische Grundlagen	247
4.4.2 Indikatorelektroden	252
Metallelektroden	252
Ionenselektive Elektroden	255
4.4.3 Bezugslektroden	263
4.4.4 Meßketten	265
4.4.5 Stromlose Potentialmessung	267
4.4.6 Praktische Anwendungen	270
Fällungs- und Komplexbildungstitrationsen	271
Bestimmung von Halogeniden und von Silber	271
Bestimmung von Halogeniden nebeneinander	271
Bestimmung von Zink	272
Bestimmung von Fluorid	273
Säure-Base-Titrationsen	274
Oxidations- und Reduktionstitrationsen	274
Simultanbestimmung von Eisen und Mangan mit Permanganat	274
Bestimmung von Zinn und Antimon mit Dichromat	275
Bestimmung von Vanadium mit Cer(IV)	276
Bestimmung von Kupfer und Eisen mit Chrom(II)	276
4.4.7 Auswertung	279
4.5 Titrationsen mit polarisierten Elektroden	284
4.5.1 Polarisation von Elektroden	284
4.5.2 Voltametrische Titrationsen	286
4.5.3 Amperometrische Titrationsen	287
4.5.4 Biamperometrische oder Dead-stop-Titrationsen	289
Wasserbestimmung nach Karl Fischer	290
4.6 Coulometrische Titrationsen	294
4.6.1 Theoretische Grundlagen	294
4.6.2 Praktische Anwendungen	297
Bestimmung von Arsen mit Dead-stop-Indikation	297
Bestimmung von Thiosulfat	298
Alkalimetrische Titrationsen	298
Komplexometrische Titrationsen	298
Redox-titrationsen	299
5 Instrumentelle Maßanalyse	301
5.1 Apparative Entwicklung	301
5.2 Registrierende Titrationsen	304
5.3 Endpunkttitrationsen	306
5.4 Digitale Titriersysteme	307

XII Inhaltsverzeichnis

6 Überblick über die Geschichte der Maßanalyse	311
Anhang	321
Gehaltsangaben für gebräuchliche Laborlösungen	321
Chemische Elemente	322
Literaturverzeichnis	325
Namenregister	335
Sachregister	339