

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	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 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
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 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 Fällungstitrationsen	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 Reduktionstitrationsen	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	222
4.1 Übersicht über die Indikationsmethoden	222
4.2 Photometrische Titrationsen	224
4.2.1 Theoretische Grundlagen	225
4.2.2 Praktische Anwendungen	227
Bestimmung von Calcium	227
4.3 Konduktometrische Titrationsen	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
	Leitfähigkeitstitrationen bei erhöhten Temperaturen	241
4.3.5	Hochfrequenztitration	243
4.4	Potentiometrische Titrationen	245
4.4.1	Theoretische Grundlagen	246
4.4.2	Indikatorelektroden	251
	Metallelektroden	251
	Ionenselektive Elektroden	254
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
4.5.1	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
	Redox-titrationen	297

5 Instrumentelle Maßanalyse	298
5.1 Apparative Entwicklungen	298
5.2 Registrierende Titratoren	301
5.3 Endpunkttitratoren	303
5.4 Digitale Titriersysteme	304
Überblick über die Geschichte der Maßanalyse	307
Anhang	317
Gehaltsangaben für gebräuchliche Laborlösungen	317
Chemische Elemente	318
Literaturverzeichnis	320
Namenregister	329
Sachregister	331