

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 | 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 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 | Fällungstitrationen | 129 |
| 3.2.1 | Theoretische Grundlagen | 129 |
| | Lösegleichgewicht | 129 |
| | Löslichkeitsprodukt und Löslichkeit | 130 |
| 3.2.2 | Titrationsskurven | 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 | 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 erhöhter Temperatur | 241 |
| 4.3.5 | Hochfrequenztitration | 243 |
| 4.4 | Potentiometrische Titrationen | 245 |
| 4.4.1 | Theoretische Grundlagen | 246 |
| 4.4.2 | Indikatorelektroden | 250 |
| | Metallelektroden | 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 |
| | Redox titrationen | 297 |

| | |
|---|------------|
| 5 Überblick über die Geschichte der Maßanalyse | 298 |
| Anhang | 308 |
| Gehaltsangaben für gebräuchliche Laborlösungen | 308 |
| Chemische Elemente | 309 |
| Literaturverzeichnis | 311 |
| Namenregister | 000 |
| Sachregister | 000 |