

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|---------------------------------------|-----------|
| 1 | EINLEITUNG | 11 |
| 2 | ELEKTROCHEMISCHE GRUNDLAGEN | 15 |
| 2.1 | Eigenschaften des Elektrolyten | 15 |
| 2.1.1 | Wasser als Lösungsmittel | 15 |
| 2.1.2 | Dissoziation | 17 |
| 2.1.3 | Die Aktivität | 20 |
| 2.1.4 | Das Löslichkeitsprodukt | 27 |
| 2.2 | Potentialbildung | 29 |
| 2.2.1 | Grundlagen der Phasengrenzpotentiale | 29 |
| 2.2.2 | Die Nernst-Gleichung | 40 |
| 2.2.3 | Die Nikolsky-Gleichung | 43 |
| 2.2.4 | Die Austauschstromdichte | 44 |
| 2.2.5 | Die Diffusionsspannung | 46 |
| 2.3 | Elektrodenarten | 52 |
| 3 | AUFBAU VON ELEKTRODEN | 56 |
| 3.1 | Bezugselektroden | 56 |
| 3.1.1 | Allgemeines | 56 |
| 3.1.2 | Die Standardwasserstoffelektrode | 60 |
| 3.1.3 | Die Silber/Silberchlorid-Elektrode | 62 |
| 3.1.4 | Die Kalomelektrode | 65 |
| 3.1.5 | Die Thalamidelektrode | 66 |
| 3.1.6 | Die Iod/Iodid-Elektrode | 67 |
| 3.1.7 | Die Problematik der Bezugselektroden | 69 |
| 3.2 | Ionenselektive Elektroden (ISE) | 72 |
| 3.2.1 | Glaselektroden | 72 |
| 3.2.2 | Weitere Festkörperelektroden | 78 |
| 3.2.3 | Flüssigmembranelektroden | 84 |
| 3.2.4 | PVC-Membranelektroden | 89 |
| 3.2.5 | Coated-wire-Elektroden | 93 |
| 3.2.6 | Filmelektroden | 94 |
| 3.2.7 | Ionenselektive Feldeffekttransistoren | 94 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 3.3 | Gasselektive Elektroden | 100 |
| 3.4 | Weitere Möglichkeiten | 103 |
| 3.5 | Biosensoren | 104 |
| 3.5.1 | Allgemeines | 104 |
| 3.5.2 | Enzymelektroden | 107 |
| 3.5.2.1 | Enzyme | 107 |
| 3.5.2.2 | Enzymimmobilisierung | 111 |
| 3.5.2.2.1 | Gründe für das Immobilisieren | 111 |
| 3.5.2.2.2 | Physikalische Verfahren | 112 |
| 3.5.2.2.3 | Chemische Immobilisierung | 114 |
| 3.5.2.3 | Eigenschaften immobilisierter Enzyme | 122 |
| 3.5.2.3.1 | Kinetik | 122 |
| 3.5.2.3.2 | pH-Einfluß | 129 |
| 3.5.2.3.3 | Temperatur | 130 |
| 3.3.2.4 | Enzymelektroden | 132 |
| 3.5.2.5 | Sensoren mit ganzen Zellen | 146 |
| 3.5.3 | Immunoelektroden | 149 |
| 4 | KENNGRÖSSEN FÜR IONENSELEKTIVE ELEKTRODEN | 152 |
| 4.1 | Steilheit | 152 |
| 4.2 | Ansprechzeit | 155 |
| 4.3 | Nachweisgrenze | 156 |
| 4.4 | Asymmetriespannung | 158 |
| 4.5 | Isothermenschnittpunkt | 160 |
| 4.6 | Selektivität | 163 |
| 4.7 | Lebensdauer | 165 |
| 5 | MESS- UND GERÄTETECHNIK | 166 |
| 5.1 | Meßtechnik | 166 |
| 5.2 | Die orientierende Messung | 175 |
| 5.3 | Einfache Messung | 176 |
| 5.4 | Feldmessung | 176 |
| 5.5 | Labormessung | 177 |
| 5.6 | Analysenautomaten | 177 |
| 5.7 | Titrierautomaten | 189 |
| 5.8 | Fließinjektionsanalyse | 190 |
| 5.9 | Betriebskontrolle | 191 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----|
| 6 | MESSVERFAHREN UND AUSWERTUNGSMETHODEN | 193 |
| 6.1 | Grundsätzliches zum praktischen Messen | 193 |
| 6.2 | Kalibrierung | 196 |
| 6.3 | Probenvorbereitung | 199 |
| 6.3.1 | Probennahme | 199 |
| 6.3.2 | Probenbearbeitung | 201 |
| 6.4 | Der Bestimmungsschritt | 207 |
| 6.4.1 | Direktpotentiometrie | 207 |
| 6.4.1.1 | Ermittlung der Aktivität | 210 |
| 6.4.1.2 | Ermittlung der Konzentration | 211 |
| 6.4.1.3 | Arbeiten im nichtlinearen Teil der Kalibrierkurve | 213 |
| 6.4.2 | Standardaddition | 215 |
| 6.4.3 | Titration | 221 |
| 6.4.4 | Fließanalyse | 227 |
| 6.5 | Das Meßergebnis | 229 |
| 6.5.1 | Fehlerbetrachtung | 229 |
| 6.5.1.1 | Allgemeines | 229 |
| 6.5.1.2 | Systematische Fehler | 231 |
| 6.5.1.3 | Statistische Fehler | 233 |
| 6.5.2 | Bewertung von Analysenergebnissen | 237 |
| 6.6 | Meßprobleme und ihre Beseitigung | 237 |
| 7 | AUSWAHL VON GERÄTEN UND METHODEN | 241 |
| 8 | ANWENDUNGEN | 244 |
| 8.1 | Allgemeines | 244 |
| 8.2 | Anwendungen allgemeiner Art | 245 |
| 8.3 | Prozeßüberwachung | 246 |
| 8.4 | Biologie | 247 |
| 8.4.1 | Mikroelektroden | 247 |
| 8.4.2 | Beispiele für Biosensoren | 251 |
| 8.4.3 | Fließinjektionsanalyse | 257 |
| 8.4.4 | Biologische Produktionsverfahren | 259 |
| 8.5 | Medizin | 260 |
| 8.5.1 | Anforderungen | 260 |
| 8.5.2 | Anwendungsbereiche | 261 |
| 8.6 | Pharmazie | 264 |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--------------------------------|-----|
| 9 ALTERNATIVE VERFAHREN | 269 |
| ABKÜRZUNGEN | 272 |
| LITERATUR | 275 |
| SACHREGISTER | 290 |