

Frank Honold
Brigitte Honold

Ionenselektive Elektroden

Grundlagen und Anwendungen
in Biologie und Medizin

Birkhäuser Verlag
Basel • Boston • Berlin

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	Flüssigmembranenlektroden	84
3.2.4	PVC-Membranenlektroden	89
3.2.5	Coated-wire-Elektroden	93
3.2.6	Filmelektroden	94
3.2.7	Ionenselektive Feldeffekttransistoren	94

Inhaltsverzeichnis

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
3.5.2.4 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 Fehlenbetrachtung	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