

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Aufgabenstellung	2
2 Chemo- und Biosensoren	4
2.1 Definition	4
2.2 Schematischer Aufbau	4
3 Meßprinzip	6
3.1 MOSFETs - Stand der Technik	6
3.1.1 Der ionensensitive Feldeffekttransistor	6
3.1.1.1 pH-FETs	7
3.1.1.2 Verwendete pH-FETs	9
3.1.2 BioFETs	10
3.1.3 GasFETs	12
4 Eingesetzte Biokomponenten	14
4.1 Verwendete Enzyme	14
4.1.1 Enzymatische Zuckerbestimmung	14
4.1.2 Für die Disaccharid-Sensoren verwendete Enzyme	16
4.1.3 Sonstige verwendete Enzyme	21
4.2 Immobilisierung von Enzymen	23
4.2.1 Immobilisierung der verwendeten Enzyme	24
4.2.2 Immobilisierung auf verkapselten Feldeffekttransistoren	24
5 Charakterisierung der BioFETs	27
5.1 Optimierung des eingesetzten Enzymverhältnisses in der Sensormembran	29
5.2 Einfluß der Pufferionenkonzentration auf das Sensorsignal	30
5.3 Einfluß des pH - Wertes auf das Sensorsignal	31
5.4 Einfluß der Ionenstärke auf das Sensorsignal	32
5.5 Einfluß der NAD-Konzentration auf das Sensorsignal	34
5.6 Die Signalcharakteristik bei gerührten Lösungen	35
5.7 Einfluß der Membrandicke auf das Ansprechverhalten des MaltoseFETs	37
5.8 Langzeitstabilität der Sensoren	39
5.9 Querempfindlichkeiten der Sensoren	41

6 Einsatz der BioFETs in der Fließinjektionsanalyse (FIA).....	47
6.1 BioFETs als Detektoren in FIA-Systemen.....	47
6.2 Aufbau des verwendeten FIA-Systems.....	48
6.3 Aufnahme von Kalibrationskurven in Modellmedien	54
6.3.1 Auswertung der FIA-Peaks.....	55
6.3.2 Einfluß der Injektionszeiten auf den Verlauf der Kalibrationskurven.....	58
6.3.3 Einfluß der Cosubstratkonzentration auf den Verlauf der Kalibrationskurven.....	61
6.4 Auswertung der Meßsignale mit neuronalen Netzen	62
6.4.1 Charakteristische Form der FIA-Peaks	64
6.4.2 Trainieren des neuronalen Netzes	66
6.4.3 Ermittlung von Penicillin-G- und Phosphationenkonzentration durch das neuronale Netz	67
7 Einsatz des BioFET/ FIA - Systems in der biotechnologischen Praxis	70
7.1 Probennahme	70
7.2 On-line-Glucosebestimmung bei einer Kultivierung von <i>Escherichia coli</i> K 12 W 3110 in einem synthetischen Medium (2-l-Rührkesselreaktor) .	70
7.2.1 Kalibration des Sensorsystems	71
7.2.2 Durchführung der Messung	73
7.3 On-line-Glucose,-Ethanol- und -Harnstoffbestimmung bei einer Kultivierung von <i>Saccharomyces cerevisiae</i> DSM 2155.....	75
7.3.1 On-line-Probenkonditionierung.....	75
7.3.2 Anpassen des Sensorsystems an die Meßaufgabe	77
7.3.3 Durchführung der Messung	79
7.4 On-line-Glucose, -Lactose- und -Ethanolbestimmung bei einer Kultivierung von <i>Saccharomyces cerevisiae</i> DSM 2155.....	82
7.5 On-line-Glucose, -Saccharose-, -Maltose- und -Ethanolbestimmung bei einer Kultivierung von <i>Saccharomyces cerevisiae</i> DSM 2155	86
7.5.1 Kalibration des Sensorsystems unter Verwendung eines internen Standards	86
7.5.2 Durchführung der Messung	89
7.6 In-line pH-Wertbestimmung mit einem pH-FET während einer Kultivierung von <i>S. cerevisiae</i>	91
7.7 Zusammenfassung - Einsatz des BioFET/ FIA - Systems in der biotechnologischen Praxis	94

8 Gassensoren	95
8.1 Die Gasdiffusionselektrode	95
8.1.1 Gasmembransensoren auf Basis eines pH-FETs	96
8.1.2 Optimierung der Sensorgeometrie	97
8.2 Charakterisierung der Sensoren	99
8.2.1.1 Kalibrationsverfahren für die Ammoniakbestimmung	99
8.2.1.2 Kalibrationsverfahren für die Kohlendioxidbestimmung	100
8.2.2.1 Kalibration der NH ₃ -FETs	101
8.2.2.2 Einfluß der Membran auf das Signalverhalten	103
8.2.2.3 Einfluß des Innenelektrolyten auf das Signalverhalten	104
8.2.2.4 Einsatz der NH ₃ -FETs in der Fließinjektionsanalyse	105
8.2.2.5 Einsatz des NH ₃ -FET/FIA-Systems in biotechnologischen Prozessen	107
8.2.3.1 Kalibration der CO ₂ -FETs	108
8.3 Gasanalytik - Stand der Technik	110
8.3.1 Bestimmung von Ammoniak in der Gaphase	111
8.3.2 Bestimmung von Kohlendioxid der Gaphase	113
8.4 Zusammenfassung - Gassensoren	114
9 Blei-FETs	116
9.1 Schwermetallanalytik	116
9.2 Bleisensoren - Stand der Technik	116
9.3 BleiFETs	117
9.3.1 Sensorprinzip	117
9.3.2 Präparation der PbS - Schichten	118
9.3.3 Kalibration der Blei-FETS	119
9.3.4 Querempfindlichkeit der Blei-FETs	120
9.3.5 Einsatz der Blei-FETs in FIA-Systemen	122
9.4 Zusammenfassung - BleiFET	125
10 Enantiomerenbestimmung mit BioFETs	127
10.1 Bestimmung von D- und L-Aminosäureestern durch enantioselektive BioFETs	127
10.1.1 On-line-Analytik bei der enzymatischen Hydrolyse von Phenylalaninmethylester	129
10.2 Bestimmung von β -Hydroxysäureestern durch enantioselektive BioFETs	133
10.2.1 On-line-Analytik bei der enzymatischen Hydrolyse von β -Hydroxysäureestern	137

10.3 Zusammenfassung - Enantiomerenbestimmung mit BioFETs	138
11 Zusammenfassung.....	139
12 Diskussion und Ausblick.....	142
13 Anhang.....	145
13.1 Zusammensetzung der Kulturmedien.....	145
13.1.1 Synthetisches Medium für die Kultivierung von <i>E. coli</i> K 12 W 3110	145
13.1.2 Synthetisches Medium für die Kultivierung von <i>Saccharomyces cerevisiae</i> DSM 2155 (Kap. 7.3)	145
13.1.3 Zusammensetzung des für die bei On-line-Bestimmungen mit FIA-Systemen verwendeten Trägerstroms.....	146
13.2 Photometrische Tests zur Substratbestimmung	146
13.2.1 Photometrische Tests zur Harnstoffbestimmung.....	146
13.2.2 Photometrische Tests zur Glucose-/ Maltose- und Saccharosebestimmung	147
13.2.3 Photometrische Tests zur Glucose- und Lactosebestimmung ...	148
13.3 Abkürzungsverzeichnis.....	149
13.4 Chemikalienliste.....	150
14 Literaturverzeichnis	151