

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis	VIII
Abstract.....	IX
1. Einleitung	1
1.1 Gasanalytik in der Biotechnologie - Stand der Technik.....	2
1.1.1 Probenahme	3
1.1.2 Detektionssysteme.....	7
1.1.2.1 Kohlendioxid.....	7
1.1.2.2 Ammoniak	10
1.1.2.3 Sauerstoff	11
1.1.2.4 Ethanol	13
1.2 Membransensoren.....	14
1.3 Aufgabenstellung.....	15
2. Membranen.....	16
2.1 Transport in Membranen.....	18
2.1.1 Transport in porösen Membranen	18
2.1.2 Transport in nichtporösen Membranen.....	20
2.1.3 Time-lag-Methode.....	22
2.2 Experimentelle Bestimmung von Gaspermeabilitäten.....	25
2.2.1 Entwicklung eines Verfahrens zur Permeabilitätsbestimmung.....	25
2.2.2 Vorversuche.....	34
2.2.3 Ammoniakpermeation durch mikroporöse hydrophobe Membranen	35
2.2.3.1 NH ₃ -Permeation durch nichtsterilisierte Membranen in die wäßrige Phase.....	35
2.2.3.2 NH ₃ -Permeation durch sterilisierte Membranen in die wäßrige Phase	37
2.2.3.3 NH ₃ -Permeation durch nichtsterilisierte Membranen in die Gasphase.....	39
2.2.3.4 NH ₃ -Permeation durch sterilisierte Membranen in die Gasphase	40
2.2.4 Kohlendioxidpermeation durch mikroporöse hydrophobe Membranen	42
2.2.4.1 CO ₂ -Permeation durch nichtsterilisierte Membranen in die wäßrige Phase	42
2.2.4.2 CO ₂ -Permeation durch sterilisierte Membranen in die wäßrige Phase.....	43
2.2.4.3 CO ₂ -Permeation durch nichtsterilisierte Membranen in die Gasphase.....	45
2.2.4.4 CO ₂ -Permeation durch sterilisierte Membranen in die Gasphase	46
2.2.5 Gaspermeation durch Silikonmembranen	48
2.2.5.1 Herstellung von Silikonmembranen	48
2.2.5.2 Ammoniakpermeation durch Silikonmembranen	49
2.2.5.3 Kohlendioxidpermeation durch Silikonmembranen	50
2.2.6 Zusammenfassung und Diskussion.....	52

3. Sensoren	61
3.1 Severinghaus-Sensoren	61
3.2 Gassensitive Feldeffekttransistoren	63
3.1.1 Ionensensitive Feldeffekttransistoren	63
3.2.2 Versuchsbedingungen der Sensorcharakterisierung	69
3.2.2 Prinzipieller Aufbau der Sensoren	71
3.2.3 Optimierung der Sensorkonstruktion	72
3.2.4 NH ₃ -Sensorcharakterisierung in wäßrigen Phasen	77
3.2.4.1 Meßbereich und Ansprechzeit	77
3.2.4.2 Einfluß von Membran und Innenelektrolytzusammensetzung	78
3.2.4.3 Langzeitstabilität	80
3.2.6 Gassensitive NH ₃ -FET in der Fließinjektionsanalyse	81
3.2.7 On-line-Ammonium-Bestimmung am Bioprozeß	84
3.2.8 Ammoniak-Kalibration in der Gasphase	86
3.2.9 CO ₂ -Sensorcharakterisierung in wäßrigen Phasen	88
3.2.10 CO ₂ -Kalibration in der Gasphase	89
3.2.11 CO ₂ -Abgasmessungen am Bioprozeß	92
3.2.13 Zusammenfassung und Diskussion	96
3.3 Gassensitive Optoden	99
3.3.2 Das Meßprinzip	101
3.3.2.1 Fluoreszenz und Fluoreszenzmessung	101
3.3.2.2 Faseroptik	104
3.3.2.3 pH-Optoden	106
3.3.3 Herstellung der Sensoren	108
3.3.3.1 Immobilisierung von Fluorescein	108
3.3.3.2 Herstellung der gassensitiven Optoden	108
3.3.4 Kohlendioxid-Kalibration in wäßrigen Phasen	110
3.3.4.1 Einfluß der Innenpufferkonzentration bei Matrix-Optoden	110
3.3.4.2 Einfluß des Innenpuffervolumens bei Matrix-Optoden	112
3.3.4.3 Membraneinfluß bei Matrix-Optoden	114
3.3.4.4 Reproduzierbarkeit der Messungen von Matrix-Optoden	115
3.3.4.5 Einfluß der FITC-Konzentration bei Lösungsoptoden	116
3.3.4.6 Einfluß der NaHCO ₃ -Konzentration bei Lösungsoptoden	117
3.3.4.7 Reproduzierbarkeit der Messungen mit Lösungsoptoden	118
3.3.4.8 Optimierung der Lösungsoptode	120
3.3.5 Kohlendioxid-Kalibration in der Gasphase	122
3.3.6 Ammoniak-Kalibration in wäßrigen Phasen	123
3.3.7 Zusammenfassung und Diskussion	125
3.4 Katalytische Halbleitersensoren	128

3.4.1 Figaro-Sensoren	131
3.4.2 Meßgerät und Meßzelle	132
3.4.3 Ammoniak-Kalibration	134
3.4.3.1 Kurvenanpassung	136
3.4.3.2 Vergleich der Figaro-Sensoren	137
3.4.4 Ammoniak-Bestimmung am Bioprozeß	139
3.4.5 Ethanol-Kalibration	140
3.4.5.1 Vergleich der Sensoren	141
3.4.5.2 Reproduzierbarkeit der Messungen	142
3.4.6 Ethanolbestimmung im Abgas von Bioprocessen	144
3.4.7 Zusammenfassung und Diskussion	147
3.5 Halbleitende Polymersensoren	149
3.5.1 Sensoren auf der Basis halbleitender oder leitfähiger Polymere	150
3.5.2 NH ₃ -Kalibrationsmessungen mit dem PDMPV-Sensor	152
3.5.3 Erprobung des PDMPV-Sensors am Bioprozeß	155
3.5.4 Zusammenfassung und Diskussion	159
4. Zusammenfassung und Ausblick	161
5. Anhang	163
5.1 Verzeichnis der verwendeten Geräte	163
5.2. Verwendete Software	164
5.3. Verwendete Chemikalien	164
5.4 Zusammensetzung der Kulturmedien	165
5.4.1 <i>Bacillus alcalophilus</i>	165
5.4.2 <i>Bacillus licheniformis</i>	166
5.4.3 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	166
5.5 Schaltpläne	167
5.5.1 Schaltplan der Constant-Charge-Schaltung der FET	167
5.5.2 Plan der Betriebsschaltung der Figaro-Sensoren	168
6. Literaturverzeichnis	169