

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Theorie	4
2.1 Mikrobioprozesstechnik	4
2.1.1 Strömungsmechanik	4
2.1.2 Stofftransport	6
2.1.3 Verweilzeitverhalten	10
2.1.4 PDMS als Reaktormaterial	11
2.2 Optische Absorptions-/Transmissionsspektroskopie	14
2.3 Modellorganismus	16
2.3.1 Zellwandaufbau	18
2.3.2 Zellteilung	19
2.3.3 Zelladhäsion an Oberflächen	20
2.3.4 Stoffwechsel von <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21
2.4 Kultivierung von Mikroorganismen	23
2.4.1 Wachstumskinetik	23
Batch-Prozesse	23
Kontinuierliche Prozesse	25
2.4.2 Modellierung des CRABTREE-Effektes und der Diauxie in einer kontinuierlichen Kultivierung	29
3 Material und Methoden	31
3.1 Materialien, Chemikalien und Geräte	31
3.1.1 Medienzusammensetzung	31
3.1.2 Fertigung des Mikrobioreaktors	32
3.1.3 Mess- und Regelungstechnik	35
Inkubationskammer	36
Probenahmesystem	40
3.2 Kultivierung	41
3.2.1 Organismus, Stammhaltung und Herstellung des Inokulums	41
3.2.2 Kultivierungsprozedur im Mikromaßstab	41
Untersuchung der Wachstumscharakteristik	41
3.2.3 Kultivierungsprozedur im Labormaßstab	43
Schüttelkolben	43
Rührkesselreaktor	44
3.2.4 Probenahme, -aufbereitung und Offline-Analytik	47
Bestimmung der Biotrockenmassekonzentration	47
Bestimmung der Metabolitenkonzentrationen von Glukose, Ethanol und Ammonium	49

Durchflusszytometrie	50
CLSM-Aufnahmen	51
Bestimmung des mittleren Zellformfaktors	52
Bestimmung der elementaren Biomassezusammensetzung	52
MATS-Analyse	53
Messung des Zeta-Potentials	53
CFD-Simulation	54
μ PIV-Messung	55
Bestimmung der mittleren Misch- und Verweilzeit im Mikrobioreaktor	55
Numerische Anpassung kinetischer Parameter	57
4 Ergebnisse und Diskussion	59
4.1 Strömungscharakterisierung des Mikrobioreaktors	59
4.1.1 CFD-Simulation und μ PIV-Messung	59
4.1.2 Misch- und Verweilzeitverhalten	61
4.2 Sauerstoffversorgung	64
4.3 Charakterisierung des Modellorganismus	68
4.3.1 Wachstums-eigenschaften	68
4.3.2 Eigenschaften der Zelloberfläche	70
4.3.3 Kontinuierliche Kultivierung	72
Konzentrationsverläufe	72
Zelladhäsion und -agglomeration	77
Zellform	79
Respiratorischer Quotient	80
Mikroverfahrenstechnische Grenzen	82
4.4 Vergleichende reaktionskinetische Beschreibung im Labor- und Mikromaßstab	84
5 Zusammenfassung und Ausblick	96
6 Anhang	99
6.1 Kommerzielle Geräte und Verbrauchsmaterialien	99
6.1.1 Kommerzielle Bauteile der eigens entwickelten Mess- und Regelungstechnik	100
6.2 MatLab-Programme für MONTE-CARLO-Simulation	101
6.3 Schaltpläne und technische Zeichnungen	104
7 Abkürzungs-, Index- und Symbolverzeichnis	106
8 Literaturverzeichnis	108