

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Motivation der Mikrobioprozesstechnik .....	3
2.2 Reaktionsführung und -kinetik in idealisierten Bioreaktoren .....	6
2.2.1 Batch-Kultivierung .....	6
2.2.2 Kontinuierliche Kultivierung .....	9
2.3 Charakterisierung realer Reaktoren .....	14
2.3.1 Mischungscharakteristik realer Reaktoren .....	14
2.3.2 Integraler Gasgehalt, Blasengrößen, Phasengrenzfläche und Leistungseintrag .....	17
2.3.3 Sauerstoffeintrag und -verbrauch .....	20
2.4 Modellorganismus <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	22
2.4.1 Stoffwechsel von <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	23
2.5 Mikrosensoren zur Analyse von Kulturparameter .....	27
2.5.1 Enzymatische Reaktionen .....	28
2.5.2 Optische Messungen .....	29
<b>3 Material und Methoden .....</b>	<b>31</b>
3.1 Design und Herstellung der Mikrosysteme .....	31
3.1.1 Fabrikation der Mikrosysteme .....	31
3.1.2 Design mehrphasiger Mikrobioreaktoren .....	31
3.1.3 Oberflächenmodifikationen .....	36
3.2 Experimentelles Setup .....	36
3.2.1 Inkubationskammer und fluidische Anschlüsse .....	37
3.2.2 Online-Analyse der Optischen Dichte (OD) .....	39
3.2.3 Online-Monitoring der Gelöstsauerstoffkonzentration (DO) .....	39
3.2.4 Gasdurchfluss-Messsystem .....	40
3.3 Physikalische Charakterisierung der mehrphasigen Mikrobioreaktoren .....	41
3.3.1 Verweilzeitverhalten .....	41
3.3.2 Mischzeit .....	42
3.3.3 Bildanalyse: Integraler Gasgehalt, Blasendurchmesser und spezifische Phasengrenzfläche .....	43
3.4 Kultivierung .....	44

---

3.4.1	Stamm, Inokulum und Kultivierungsmedium.....	44
3.4.2	Bestimmung von Kulturparametern: Optische Dichte, Biotrockenmasse- und Zellzahlkonzentration.....	45
3.4.3	Offline-Analyse von Glucose und Ethanol mittels HPLC.....	47
3.4.4	Kultivierungsprozedur in mehrphasigen Mikrobioreaktoren .....	47
3.5	Offline-Analyse von Glucose und Ethanol mittels bienzymatisch-photonischer Mikrosensoren.....	51
3.5.1	Immobilisierungsprozedur der Enzyme in den Mikrosensoren.....	52
3.5.2	Optische Messung in bienzymatisch-photonischen Mikrosensoren.....	53
<b>4</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>55</b>
4.1	Verfahrenstechnische Charakterisierung der mehrphasigen Mikrobioreaktoren.....	55
4.1.1	Mischcharakteristik: Verweilzeit und Mischzeit .....	57
4.1.2	Integraler Gasgehalt und Blasengrößen .....	59
4.1.3	Volumenbezogener Sauerstoffübergangskoeffizient der aktiven Begasung.....	63
4.2	Screening Experimente in mehrphasigen Mikrobioreaktoren .....	65
4.2.1	Batch-Kultivierung in dem mMBr .....	65
4.2.2	Kontinuierliche Kultivierung .....	68
4.3	Charakteristik der bienzymatisch-photonischen Glucose- und Ethanolmikrosensoren.....	80
4.4	Grenzen und potentielle Verbesserungen der Mikrosysteme .....	87
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>Referenzen.....</b>	<b>93</b>