

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
2	Stand des Wissens.....	3
2.1	Filamentöse Pilze	3
2.1.1	Filamentöse Pilze in der weißen Biotechnologie	4
2.1.2	Kultivierungsstrategien und Morphologie.....	4
2.2	Stoffübergang, Stofftransport und Stoffumsatz.....	7
2.2.1	Fluiddynamik und hydrodynamische Grenzschicht	9
2.2.2	Konzentrationsgrenzschicht und Stoffübergangskoeffizient.....	10
2.2.3	Definition der Phasengrenze an biologischen Aggregaten.....	14
2.2.4	Stofftransport und -umsatz in biologischen Aggregaten	16
2.2.4.1	Mikroelektrodenteknik	17
2.2.4.2	Dimensionslose Kennzahlen	20
2.3	Wachstum und Produktbildung in Pilzpellets.....	21
2.3.1	Substratversorgung, Wachstum und Produktivität	22
2.3.2	Beschreibung der Pelletmorphologie	23
2.3.3	Externer Stofftransportwiderstand.....	25
2.3.4	Interner Stofftransportwiderstand und Umsatz.....	27
2.3.4.1	Effektive Diffusion	27
2.3.4.2	Konvektion.....	28
2.3.4.3	Umsatz	29
3	Material und Methoden	31
3.1	<i>Aspergillus niger</i> AB1.13.....	31
3.2	Kultivierungen.....	31

3.2.1 Bioreaktoren	32
3.2.2 Kultivierungsstrategien	32
3.3 Mikroelektrodenteknik	33
3.3.1 Medium für Mikroelektrodenmessungen	34
3.3.2 Sauerstoffverbrauchskinetiken	35
3.3.3 Sauerstoffkonzentrationsprofile in Pellets	37
3.3.3.1 Örtlich aufgelöste Sauerstoffkonzentrationsprofile	38
3.3.3.2 Effektive Diffusionskoeffizienten in inaktivierten Pellets	40
3.4 Pelletmorphologie	41
3.4.1 Bildanalyse – Pelletmakromorphologie	41
3.4.2 Pelletdichte	42
3.4.3 Konfokale Laser Scanning Mikroskopie (CLSM) – Pelletstruktur	42
3.4.3.1 Radiale Hyphenvolumenverteilung	42
3.4.3.2 Visualisierung der Oberflächenstruktur	44
3.5 Sinkgeschwindigkeiten	45
3.6 Simulation von Sauerstoffkonzentrationsprofilen	46
4 Ergebnisse und Diskussion	47
4.1 Methodendiskussion: CLSM und Mikroelektrodenteknik	47
4.1.1 Charakterisierung der Pelletmorphologie	47
4.1.1.1 Quantifizierung der radialen Hyphenvolumenverteilung	47
4.1.1.2 Definition der Pelletgeometrie	51
4.1.2 Auswertung von Sauerstoffkonzentrationsprofilen	52
4.1.3 Kombination von CLSM und Mikroelektrodenteknik	54
4.1.3.1 Hyphengradient versus Pelletdichte	54
4.1.3.2 Morphologische Parameter und Sauerstoffversorgung	57
4.1.4 Pelletmorphologie und Sinkgeschwindigkeit	60
4.2 Stofftransport	64
4.2.1 Interner Stofftransportwiderstand – Effektive Diffusion	64
4.2.1.1 Berücksichtigung von Sauerstoffverbrauchskinetiken	65

4.2.1.2	Inaktivierte Pellets.....	68
4.2.2	Einfluss der Fluidodynamik	73
4.2.2.1	Strömungsbedingungen im Reaktor	73
4.2.2.2	Externer Stoffübergangswiderstand	75
4.2.2.3	Transport und Umsatz.....	81
4.2.2.4	Ermittlung von Massestromdichten	89
4.2.2.5	Fluidodynamisch induzierte Pelletverformung	98
4.2.2.6	Simulation von Sauerstoffkonzentrationsprofilen.....	104
4.3	Einfluss der Sauerstoffkonzentration in der Bulkphase.....	112
4.4	Entwicklung von Morphologie und Sauerstoffversorgung.....	115
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	122
	Symbolverzeichnis.....	127
	Literaturverzeichnis.....	130