

Stofftransport- und Stoffumsatzprozesse in filamentösen Pilzpellets

Von der Fakultät für Lebenswissenschaften
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina
zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades
einer Doktorin der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

genehmigte
D i s s e r t a t i o n

von Andrea Hille
aus Bad Harzburg

FIT-Verlag
für Innovation und Technologietransfer
Paderborn 2008

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 Fluidodynamik 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 Mikroelektrodeentechnik	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 Mikroelektrodentchnik.....	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 Mikroelektrodentchnik	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 Mikroelektrodentchnik	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 Fluiddynamik	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	Fluiddynamisch 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