



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XVII
Tabellenverzeichnis	XIX
Formelzeichen und Abkürzungen	XXI
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Theoretische Grundlagen	5
2.1 Mikrobielles Wachstum in Biofilmen	5
2.2 Produktive Biofilme	7
2.3 <i>Pseudomonas fluorescens</i>	9
2.4 <i>Lactobacillus delbrueckii lactis</i>	10
3 Reaktoren für die Biofilmkultivierung	13
3.1 Design und Konstruktion einer Durchflusszelle	14
3.1.1 Geometrie und Werkstoffauswahl	15
3.1.2 Einbindung in eine Reaktorperipherie für den Batch-Prozess	18
3.1.3 Einbindung in eine Reaktorperipherie für den kontinuierlichen Prozess	22
3.1.4 Strömungsmodell	23
3.1.5 Optimierung	27
3.1.6 Weiterentwicklung und Ausbau	30
3.2 <i>Scale-up</i> der Durchflusszelle	33
3.3 Zusammenfassung und Ausblick: Reaktoren für die Biofilmkultivierung	35
4 Mikroskopische Methoden zur Untersuchung von Biofilmen	37
4.1 Konfokale Laser Scanning Mikroskopie an Biofilmen	37
4.2 Kryo-Rasterelektronenmikroskopie an Biofilmen	43
4.3 Rasterkraftmikroskopie an Biofilmen	48
4.3.1 Abbildung von Biofilmen	52
4.3.2 Kraftspektroskopie an Biofilmen	53
4.4 Zusammenfassung und Ausblick: Mikroskopische Methoden zur Untersuchung von Biofilmen	61
5 Biofilmwachstum auf Metalloberflächen	63



5.1	Biofilmwachstum in Abhängigkeit deterministischer Mikrostrukturen auf Titanoberflächen	63
5.1.1	Biofilme auf plan- und mikrogefrästen Titanoberflächen	64
5.1.2	Biofilme auf unterschiedlich mikrogefrästen Titanoberflächen	70
5.2	Biofilmwachstum in Abhängigkeit des Gefüges von Edelstahloberflächen	74
5.3	Untersuchungen zur Biofilmzusammensetzung	77
5.3.1	Methoden zu Untersuchung der Biofilmzusammensetzung	79
5.3.2	Biofilmzusammensetzung in Abhängigkeit der Kulturform	80
5.3.3	Biofilmzusammensetzung in Abhängigkeit der Oberflächenrauheit	83
5.4	Zusammenfassung und Ausblick: Biofilmbildung auf Metalloberflächen	88
6	<i>Lactobacillus delbrueckii lactis</i> als produktiver Biofilm	91
6.1	Charakterisierung der Biofilmbildung von <i>L. delbrueckii lactis</i> und <i>Proof-of-Concept</i>	92
6.2	Untersuchung der kontinuierlichen Milchsäureproduktion mit Biofilmen	99
6.2.1	Biofilmproduktivität in Abhängigkeit des Werkstoffs	99
6.2.2	Biofilmproduktivität in Abhängigkeit der Oberflächenstruktur	101
6.2.3	Biofilmproduktivität in Abhängigkeit der Verdünnungsrate	105
6.2.4	Langzeitstabilität der kontinuierlichen Milchsäureproduktion mit Biofilmen	108
6.2.5	Modellierung der Milchsäureproduktion mit <i>L. delbrueckii lactis</i>	111
6.3	<i>Proteomics</i> an Suspensions- und Biofilmkulturen	116
6.3.1	Methoden zu <i>Proteomics</i> an Biofilmen	116
6.3.2	Vergleichende <i>Proteomics</i> an suspendierten Zellen und Biofilmen	118
6.3.3	Vergleichende <i>Proteomics</i> an Biofilmen von unterschiedlich rauen Oberflächen	126
6.4	Zusammenfassung und Ausblick: <i>Lactobacillus delbrueckii lactis</i> als produktiver Biofilm	128
7	Gesamtzusammenfassung und Ausblick	133
	Literaturverzeichnis	137
A	Material und Methoden	157
A.1	Chemikalien	157
A.2	Medien und Lösungen	158
A.3	Geräte	159
A.4	Software	159
A.5	Biofilmsubstrata	160
A.6	Werkstoffe und sonstige Materialien	161
A.7	Kultivierungsmethoden	161
A.7.1	Stammhaltung	162
A.7.2	Vorkulturen	162
A.7.3	Agarkulturen	162
A.7.4	Batch-Prozesse	162
A.7.5	Kontinuierlicher Prozesse	163



A.8	Fertigungsdetails zum Mikrofräsen	163
A.9	Fertigungsdetails zu den Gefügeproben	164
A.10	Fertigungsdetails zum Kaltgasspritzen	165
A.11	EPS-Methoden	166
A.12	HPLC-Methoden	168
A.13	<i>Proteomics</i> -Methoden	169
A.14	Biologische Prozesse nach GO	171
A.15	Molekulare Funktionen nach GO	171
B	Ergänzende Details zu den Versuchen	173
B.1	Biokompatibilität	173
B.2	<i>Computational Fluid Dynamics</i>	173
B.3	Elektrochemische Impedanzspektroskopie am CLSM	174
B.4	Zellyse bei der EPS-Extraktion	174
B.5	Konstruktionszeichnung Durchflusszelle 3.1	176
B.6	Konstruktionszeichnung Durchflusszelle 4.1	177
B.7	Konstruktionszeichnung Durchflusszelle 5.0	182
B.8	Konstruktionszeichnung Durchflusszelle 6.1	184
B.9	Schichtdicken von Deckgläsern	186
B.10	MATLAB Skripte	186
B.11	Wachstumskurve und Biomassekorrelationen <i>P. fluorescens</i>	188
B.12	Versuchsaufbau bei der Kryo-Rasterelektronenmikroskopie	189
B.13	Konstruktionszeichnung Probenträger Kryo-REM	189
B.14	Reale Massen der EPS-Analyse	190
B.15	Wachstumskurve und Biomassekorrelationen <i>L. delbrueckii lactis</i>	191
B.16	Optische Dichten im Langzeitversuch	192
B.17	BERKELEY MADONNA Skripte	192
	B.17.1 Batch-Prozess	192
	B.17.2 Kontinuierlicher Prozess	193
B.18	Messdaten zu den <i>Proteomics</i>	194
C	Angaben zur Person	195
C.1	Betreute studentische Arbeiten	195
C.2	Veröffentlichungen	196
C.3	Lebenslauf	198