

Inhaltsverzeichnis

Legende: Liste der verwendeten Abkürzungen, Formelzeichen und Symbole.....i-xi

1	Einleitung und Darstellung der Motivation	1
2	Theoretische Grundlagen und Stand der Technik	4
2.1	Polyelektrolytmultilagen – Grundlagen	4
2.1.1	Polyelektrolyt-Arten und Kombinationen	5
2.1.2	Triebkräfte	5
2.1.3	Einflussfaktoren auf die Polyelektrolyt-Deposition, den PEM-Aufbau und die Schichtstabilität	6
2.1.4	Stabilität.....	8
2.1.5	Das Zonen-Modell des PEM-Aufbaus	9
2.1.6	Lineares vs. exponentielles Wachstumsverhalten	10
2.1.7	Wassergehalt und Quellverhalten.....	12
2.1.8	Mechanische Eigenschaften	13
2.1.9	Alternative Verfahren zur Abscheidung von PEM und dynamische Adsorption von Polyelektrolyten.....	13
2.1.10	Dynamische Adsorption von Polyelektrolytmultilagen in Mikrosystemen.....	20
2.2	PEGylierung von Oberflächen	21
2.2.1	Aufbau und Eigenschaften von Polyethylenglykol	21
2.2.2	Verfahren zur PEGylierung.....	23
2.2.3	PAA-g-PEG und PEGylierte Polyelektrolytmultilagen	24

Teil I: Schichtentwicklung und Charakterisierung

3	Experimentelles.....	27
3.1	Substrate: Vorbehandlung und Charakterisierung	27
3.1.1	PDMS	27
3.1.2	Edelstahl	31
3.1.3	Glas, Silizium und weitere Materialien	33
3.2	Beschichtung mit PEM und PAA-g-PEG	34
3.2.1	Polyelektrolyte.....	34
3.2.2	Konzentrationen und Adsorptionszeiten – statische Adsorption	34
3.2.3	Notation	35
3.2.4	Auswahl der untersuchten PEM-Systeme.....	35
3.2.5	Synthese der PAA-g-PEG Copolymere.....	38
3.2.6	Thermische Nachbehandlung	40
3.3	Tauchroboter zur statischen Beschichtung	40
3.4	Aufbau der Beschichtungsanlage zur dynamischen Abscheidung von PEM.....	41
3.4.1	Bemerkungen zur dynamischen Beschichtung der Modell- und Mikrosysteme	42
3.4.2	Strömungsverhältnisse im Kanal	43
3.4.3	Ableitung elektrokinetischer Größen während der Beschichtung	46
3.4.4	Konzentrationen und Adsorptionszeiten – dynamische Adsorption.....	46
3.4.5	Beschichtung der Mikroblasensäulen	46
3.5	SIEBIMM-Untersuchungen	47
3.5.1	SIEBIMM – Theoretische Aspekte	47
3.5.2	Anlagenaufbau.....	51
3.5.3	Messdurchführung.....	54
3.6	Weitere Analytik.....	55
3.6.1	FTIR-ATR-Analyse	55
3.6.2	Kontaktwinkelmessungen.....	56
3.6.3	Ellipsometrie.....	57
3.6.4	Röntgenphotoelektronenspektroskopie.....	59
3.6.5	Rasterkraftmikroskopie.....	59
3.6.6	Quarzmikrowägung	59

4	Quantifizierung der adsorbierten PEG-Menge über FTIR-ATR-Messungen.....	61
4.1	Methode A: Quantifizierung mithilfe von Spektren-Simulation	62
4.2	Methode B: Quantifizierung durch Anwendung von Dünnschichtformeln und den Vergleich mit PEG-SAM	72
4.3	Vergleich der Methoden und Fazit	75
5	Adsorption von PAA-g-PEG auf Polyelektrolyt-Multilagen	77
5.1	Adsorption auf Edelstahl und Voruntersuchungen	77
5.1.1	Einfluss des pH-Wertes und des Grafting-Verhältnisses.....	77
5.1.2	Einfluss von Spül- und Adsorptionszeiten	79
5.2	Adsorption auf PAH/PAA-Untergrund.....	81
5.2.1	PAH/PAA-Deposition im sauren pH-Wert-Bereich.....	81
5.2.2	PAH/PAA-Deposition im sauer-neutralen pH-Übergangsbereich und um den neutralen pH-Wert.....	82
5.2.3	PAH7,5/PAA3,5-PEM	86
5.2.4	PAH/PAA-Deposition im basischen pH-Wert-Bereich	91
5.2.5	Stabilität (PAH/PAA)-PEG.....	92
5.3	Adsorption auf PDADMAC/PAA-Untergrund	95
5.3.1	QCM-Messung zur Quellfähigkeit	106
5.3.2	Stabilität (PDADMAC/PAA) _x (-PEG)PEM	108
5.3.3	Stabilität unter Kultivierungsbedingungen	111
5.4	PE ⁺ -Mischungen (Mix-PEM)	113
5.4.1	Stabilität (Mix)-PEG	121
6	Dynamische Abscheidung von PEM	123
7	SIEBIMM an PDADMAC/PAA-, PAH/PAA- und Polyurethan-basierten PEM.....	131
8	Zusammenfassung Teil 1	141

Teil II: Zelladhäsion auf PEM-Polyethylenglykol-Schichtsystemen

9	PEM für zellbiologische und medizinische Anwendungen – Übersicht	145
10	XDLVO-Adhäsionstheorie – Grundlagen	147
10.1	Allgemeine Zusammenhänge und Bestimmung der LW- und AB-Wechselwirkungen	147
10.1.1	LW- und AB-Wechselwirkungen – geometrische Faktoren	150
10.2	Elektrostatistische Wechselwirkung – Grundlagen	150
10.3	Gesamte Adhäsionsenergie nach XDLVO	154
11	Oberflächeneigenschaften von <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	155
11.1	Allgemeiner Aufbau der Zellwand	155
11.2	Zetapotential	156
11.3	Oberflächenspannungskomponenten	157
11.3.1	Präparation des Zellrasens und Kontaktwinkelmessung	157
11.3.2	Ergebnisse	159
11.4	Einordnung und Interpretation der Daten	160
12	Adhäsion von <i>S. cerevisiae</i> auf PEM-PEG-beschichteten PDMS-Oberflächen	164
12.1	Zelladhäsion im Strömungskanal – Adhäsion des hydrophoben DSM-2155-Stammes	164
12.1.1	Experimentelles	165
12.1.2	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	166
12.2	Zelladhäsion im Strömungskanal: Adhäsion von DSM 2155 und CCOS 538 auf (PDADMAC:PAH/PAA)-PEM	171
12.2.1	Experimentelles	171
12.2.2	Ergebnisse – hydrophobe Hefe (<i>S. cerevisiae</i> DSM 2155)	172
12.2.3	Ergebnisse – hydrophile Hefe (<i>S. cerevisiae</i> CCOS 538)	175
12.3	Anwendung der XDLVO-Theorie auf die Adhäsion von <i>S. cerevisiae</i> auf PEM(-PEG)-Oberflächen	177
12.3.1	Oberflächenspannungskomponenten der (PDADMAC/PAA)-PEM	178
12.3.2	Oberflächenspannungskomponenten weiterer PEM-Systeme	184
12.3.3	XDLVO-Adhäsionsenergien und Energiekurven: hydrophobe Hefe	187
12.3.4	Abstandsabhängigkeit der Adhäsionsenergie: hydrophobe Hefe	195

12.3.5	XDLVO-Adhäsionsenergien und Energiekurven: hydrophile Hefe.....	202
12.3.6	Abstandsabhängigkeit der Adhäsionsenergie: hydrophile Hefe.....	203
12.3.7	Vergleich mit anderen PEM(-PEG)-Schichtsystemen	210
12.4	Zelladhäsion auf dynamisch abgeschiedenen PEM im 4-Kammer System: hydrophobe und hydrophile Hefe	213
12.4.1	Experimentelles	213
12.4.2	Ergebnisse und Diskussion.....	214
12.5	Adhäsionskraft der Zellen	217
12.6	Mikroblasensäule	221
12.6.1	Blasenbildungsverhalten.....	221
12.7	Zusammenfassung und Einordnung Teil II.....	223

Teil III: Verschleißschutz von Mikrokomponenten zum Dispergieren

13	Verschleiß in Mikrodispergiereinheiten: Problemstellung und Konzept.....	225
13.1	Experimenteller Aufbau	228
13.1.1	Modifizierter Poliertest.....	228
13.1.2	Untersuchung von Kavitationseinflüssen	230
13.2	Ergebnisse	231
13.2.1	Klassische PEM.....	231
13.2.2	PU-basierte PEM: (PU ⁺ /PAA)-Kombinationen	234
13.3	Zusammenfassung Teil III.....	237
14	Anhang.....	239
15	Literaturverzeichnis	243