

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	7
Abstract	8
1 Einleitung	13
1.1 Motivation	15
1.2 Bedeutung der Gaspermeabilität für Lebensmittelverpackungen	19
1.2.1 Lebensmittelchemische Aspekte	22
1.2.2 Mikrobiologische Aspekte	24
1.2.3 Lebensmitteltechnologische Aspekte	26
1.3 Zielstellung und Herangehensweise	28
2 Stand der Technik	29
2.1 Folieneigenschaften und Prüfverfahren	29
2.2 Morphologie von Kunststofffolien	31
2.2.1 Folienarchitektur	33
2.2.2 Folienwerkstoffe und Werkstoffkombinationen	37
2.3 Herstellverfahren für Verbundstoffe	39
2.3.1 Coex - Blasfolienextrusion Kaschieren	39
2.3.2 Coex - Flachfolienextrusion	41
2.3.3 Kaschieren	41
2.3.4 Extrusionskaschieren	44
2.3.5 Haftvermittler und Werkstoffverträglichkeiten	45
2.2.6 Coronabehandlung	46
2.4 Verfahren zur Erhöhung der Barriereeigenschaften	48
2.4.1 Beschichten und Lackieren	48
2.4.2 Bedampfen	49
2.4.3 Metallisieren	50
2.4.4 Keramisieren (SiO_x Beschichtungen)	51
2.4.5 Beschichten mit Metalloxiden	53
2.4.6 Barriereschichten durch Nanopartikel Composites	53

2.5	Verfahren zur Herabsetzung der Barriereeigenschaften	55
2.5.1	Mikroperforation	56
2.5.2	Laserperforation	57
2.5.3	Mikrowellenperforation	58
2.5.4	Demetallisierung	59
2.6	Biokunststoffe für Lebensmittelverpackungen	59
3	Stofftransportvorgänge	61
3.1	Stofftransportvorgänge allgemeine Betrachtungen	61
3.2	Gasdurchlässigkeit bei Kunststofffolien	62
3.3	Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit	64
3.4	Mathematische Grundlagen der Permeation	67
3.5	Begünstigende Grenzflächeneffekte	72
4	Messverfahren zur Bestimmung der Gaspermeabilität	75
4.1	Beschreibung der Prüfmethoden zur Permeationsmessung	75
4.2	Mathematische Modell der experimentellen Bestimmung	78
4.3	Normen zur Gasdurchlässigkeit bei Kunststoffen	81
4.4	Beschreibung des Prüfplatzes	82
5	Werkstoffe zur Untersuchung	83
5.1	PE-Typen	83
5.1.1	PELD 320E	84
5.1.2	PELD 450E	84
5.2	BioFlex® F2110	85
5.3	BioFlex® A4100CL	85
5.4	Ecovio® LBX 8132	86
6	Ergebnisse	87
6.1	Vorbetrachtungen	87
6.2	Folienherstellung	88
6.2.1	Morphologie der experimentellen Verbundfolien	88
6.2.2	Reckverhältnisse an der Blasfolienanlage	91
6.2.3	Schichtenbruch bei Verbundfolien	93
6.3	Ermittlung der Permeationsprofile bei Monofolien	100
6.3.1	Dow PELD E320E - Permeationsprofil	101
6.3.2	Dow PELD 450E - Permeationsprofil	106
6.3.3	BioFlex® F2110 - Permeationsprofil	109
6.3.4	BioFlex® A4100CL - Permeationsprofil	112
6.3.5	Ecovio® LBX 8132 - Permeationsprofil	115
6.3.6	Gegenüberstellung der Permeationswerte	118

6.4	Ermittlung der Schichtdickenfunktion	123
6.4.1	Dow PELD E320E - Schichtdickenabhängigkeit	124
6.4.2	Dow PELD 450E - Schichtdickenabhängigkeit	127
6.4.3	BioFlex® F2110 - Schichtdickenabhängigkeit	130
6.4.4	BioFlex® A4100CL - Schichtdickenabhängigkeit	133
6.4.5	Ecovio® LBX 8132 - Schichtdickenabhängigkeit	136
6.5	Einfluss von Mehrfachschichten aus dem selben Werkstoff	139
6.6	Berechnung der Gasdurchlässigkeit von Verbundfolien	140
6.6.1	Notwendige Vorbetrachtungen	140
6.6.2	Berechnung des GTR-Wertes bei Verbundfolien	141
6.6.3	Verifikation der berechneten GTR-Werte	146
7	Diskussion der Ergebnisse	152
7.1	Morphologie und Folienherstellung	152
7.2	Gaspermeabilität von Monofolien	153
7.3	Theoretisches Berechnungsmodell	154
7.4	Biopolymere als definierte Permeationsschicht	156
8	Zusammenfassung	158
9	Ausblick	160
Formelzeichen und Maßeinheiten		162
Abkürzungen		164
Literaturverzeichnis		165
Abbildungsverzeichnis		170
Tabellenverzeichnis		176
Anhang		175
A	Verwendete Geräte und Messeinrichtungen	176
B	Verwendete Materialien und Testgase	177
C	Verwendete Normen	178
D	Materialdaten der Hersteller	179