

INHALT

1	EINLEITUNG	1
2	STAND DER TECHNIK	3
	2.1 Hinterspritzverfahren und deren Abgrenzung.....	3
	2.1.1 Eigenschaften und Aufbau der Formteile	5
	2.1.2 Foliendekorierung im Siebdruckverfahren und Dekormaterialien	7
	2.1.3 Werkzeugtechnik und Angussysteme.....	8
	2.2 Fehlerbilder beim Folienhinterspritzen (In-Mould-Labeling Technik)	10
	2.2.1 Formteilverzug	10
	2.2.2 Dekor- und Folienschädigung (Auswaschung, Wash-Out)	15
	2.2.3 Verbundfestigkeit zwischen Dekor- und Substratmaterialien.....	18
	2.3 Effekte beim Spritzgießen und Folienhinterspritzen	23
	2.3.1 Formteilkfüllung und Wandschubspannungseffekte im Schmelzekanal.....	23
	2.3.2 Bildung einer erstarrten Randschicht während des Spritzgießens	30
	2.3.3 Entstehung von Molekülorientierungen	32
	2.3.4 Schwindungsphänomene beim Spritzgießen.....	34
	2.3.5 Thermische Effekte und Temperaturprofil beim Folienhinterspritzen	39
	2.3.6 Verformungsverhalten der Kunststoffolie	44
	2.4 Zusammenfassung und Defizite vom derzeitigen Stand der Technik.....	47
3	ZIELSETZUNG.....	51
4	METHODISCHES VORGEHEN UND VERSUCHSAUFBAU.....	53
	4.1 Ermittlung der Haupteinflussfaktoren auf den IML-Prozess... 	53
	4.2 Versuchsaufbau Folienhinterspritzen.....	56
	4.2.1 Eingesetzte Substratmaterialien, Folien und Dekormaterialien	56
	4.2.2 Spritzgießwerkzeuge und Probengeometrie.....	61
	4.2.3 Eingesetzte Spritzgießmaschinen und Peripherietechnik.....	63

4.3 Versuchsdurchführung und Planung	65
4.3.1 Untersuchung der Dekor- und Folienschädigung.....	65
4.3.2 Untersuchung der Verbundfestigkeit.....	68
4.3.3 Untersuchung zum Formteilverzug	69
4.4 Analysemethoden	70
4.4.1 Messung der Verbundfestigkeit.....	70
4.4.2 Messung der Auswaschung	72
4.4.3 Messung des Formteilverzugs	73
4.4.4 Messung der Orientierung	75
4.4.5 Dynamisch-mechanische Analyse (DMA).....	77
4.4.6 Plastographie und Mikroskopie	77
4.5 IML - Spritzgussimulation mithilfe einer 3D-CAE Simulation.....	78
5 ERGEBNISSE UND DISKUSSION	83
5.1 Analyse des Folienhinterspritzverfahrens.....	83
5.1.1 Entwicklung einer Modellvorstellung	83
5.1.2 Analytische Betrachtung der Folienerwärmung.....	86
5.1.3 Analytische Betrachtung der Wandschubspannung	92
5.2 Untersuchung der Dekor und Folienschädigung in Angussnähe.....	95
5.2.1 Ausbildung der Dekor- und Folienschädigung während der Formteilfüllung.....	95
5.2.2 Thermischer Einfluss auf die Dekor- und Folienschädigung.....	102
5.2.3 Einfluss der Wandschubspannung und der Füllzeit auf die Auswaschung.....	105
5.2.4 Korrelation von Auswaschungen mit numerisch berechneten Wandschubspannungen und Temperaturen in der Grenzfläche.....	111
5.2.5 Untersuchung am seriennahen Plattenwerkzeug mit Nadelverschlussdüse.....	116
5.2.6 Dekor- und Folienschädigung bei PP-Verbunden und Vergleich mit PC	120

5.2.7 Zusammenfassen der Erkenntnisse und Ableiten einer Modellvorstellung	126
5.3 Verbundfestigkeit zwischen Substrat und Dekor	132
5.3.1 Haupteinflussfaktoren auf Verbundfestigkeit unbedruckter Folien	133
5.3.2 Untersuchung der Verbundfestigkeit von dekorierten Folien in Abhängigkeit der Wanddicke sowie der Schmelze- und der Werkzeugwandtemperatur	135
5.3.3 Untersuchung am seriennahen Plattenwerkzeug mit Nadelverschlussdüse	138
5.3.4 Zusammenfassung der Erkenntnisse und Validierung der bestehenden Modelle	141
5.4 Untersuchung des Formteilverzugs	143
5.4.1 Betrachtung der Spritzgießinduzierten Orientierungen	144
5.4.2 Einfluss des Einspritzvolumenstromes und der Schmelzetemperatur auf den Verzug	147
5.4.3 Einfluss des Nachdruckes auf den Formteilverzug	150
5.4.4 Einfluss der Werkzeugwandtemperatur auf den Formteilverzug	151
5.4.5 Einfluss der Dekormaterialien und des Druckes	153
5.4.6 Einfluss einer nachträglichen Wärmelagerung auf das Verzugsverhalten	155
5.4.7 Zusammenfassen der Erkenntnisse und Validierung der bestehenden Modelle	157
5.5 Zusammenhänge der Einflussfaktoren und Maßnahmen zur Prozessoptimierung	160
5.5.1 Einfluss der Prozessparameter, Formteilgeometrie und Materialien	161
5.5.2 Modellvorstellung	164
5.5.3 Maßnahmen zur Prozessoptimierung	165
6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	169
SYMBOLLISTE	173
Lateinische Symbole	173
Griechische Symbole	177
Abkürzungen	178

Indizes	179
ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS.....	181
Abbildungsverzeichnis.....	181
Tabellenverzeichnis	190
LITERATURVERZEICHNIS	193