

Inhaltsverzeichnis.....	I
Symbolverzeichnis.....	IV
Einleitung.....	1
1. Problemstellung.....	2
1.1 Stand der Entwicklung bei der Gasinjektionstechnik.....	2
1.2 Phänomenologische Probleme bei der Formteilherstellung.....	3
1.3 Zielsetzung und Vorgehensweise.....	3
2. Grundlagen zur Gasinjektionstechnik.....	5
2.1 Prozeßablauf.....	5
2.1.1 Prozeßrelevante Verfahrensparameter.....	6
2.1.2 Werkstoffe für das GIT-Verfahren.....	9
2.2 Anwendungsgebiete.....	10
2.2.1 Flächige Formteile mit Gaskanalführungsrippen.....	10
2.2.2 Dickwandig, stabförmige Bauteile.....	10
2.2.3 Formteile mit partiellen Verdickungen.....	11
2.2.4 Der Forminnendruckverlauf.....	11
2.3 Sondervarianten der GIT.....	12
2.3.1 Masserückdruckverfahren.....	12
2.3.2 Nebenkavitätenverfahren.....	13
2.3.3 Kernzugverfahren.....	13
3. Geometriespezifische Hohlraumbildung.....	14
3.1 Qualitative Analyse der geometriespezifischen Gasblasenkontur.....	14
3.2 Analyse der Gasblasenausbildung anhand experimenteller Befunde.....	18
3.2.1 Konstante Gasblasenquerschnitte im vorgefüllten Bauteilbereich.....	19
3.2.2 Materialspezifische Gasblasenentwicklung im Vorfüllbereich.....	20
3.3 Qualitative Analyse der Strömungsvorgänge im GIT-Werkzeug.....	23
3.3.1 Gasblasenausbildung im vorgefüllten Bereich der Werkzeugkavität.....	23
3.3.2 Gasblasenausbildung im restgefüllten Bereich der Werkzeugkavität.....	24
3.4 Beeinflussende Prozeßgrößen bei der Hohlraumentwicklung.....	25
3.4.1 Einfluß von Gasdruck und Vorfüllgrad auf die Hohlraumbildung.....	25
3.4.2 Einfluß der Kavitätslänge auf die Hohlraumbildung.....	26
3.4.3 Die geometriecharakterisierende Querschnittsfläche A_c	27
3.4.4 Einfluß von Viskosität und Dichte auf die Hohlraumbildung.....	27
3.5 Analytische Beschreibung der geometriespezifischen Hohlraumbildung.....	29

3.5.1 Bestimmung des Grenzvorfüllgrads mit Kenntnis von $(A_{G_{\text{Gas}}}/A_C)_{\text{Grenz}}$	29
3.5.2 Allgemeine Beziehung für den Vorfüllgrad mit Kenntnis von lv_{Grenz}	31
3.5.3 Approximation der experimentellen Vorfüllgradverläufe.....	32
3.5.4 Approximation der experimentell ermittelten Gaskanalquerschnitte.....	37
3.5.5 Optimierungsvorschrift.....	39
3.5.6 Auslegungsstrategie für dünnwandige berippte GIT-Bauteile.....	40
4. Aufschäumphänomen in GIT-Formteilen.....	43
4.1 Einfluß des Schaumes auf die Formteilqualität.....	43
4.2 Theorie der Blasenbildung in Kunststoffen.....	44
4.2.1 Entstehungsmechanismen von Blasen in Kunststoffen.....	45
4.2.2 Homogene Keimbildung.....	46
4.2.3 Heterogene Keimbildung.....	47
4.2.4 Einfluß der Druckabfallgeschwindigkeit.....	48
4.2.5 Erste Schlußfolgerungen zur Keimbildung in GIT-Formteilen.....	49
4.2.6 Löslichkeits- und Diffusionsvorgänge von N_2 in der GIT-Polymerwand.....	50
4.2.7 Temperaturentwicklung in der Restwanddicke des Formteils.....	52
4.2.8 Beschreibung der benötigten Materialdaten.....	54
4.3 Gezielte Untersuchungen zur Blasen- und Schaumbildung.....	57
4.3.1 Experimentelle Untersuchungen an Modellmaterialien.....	57
4.3.2 Auswertung und Diskussion der Aufschäumversuche.....	59
4.3.3 Quantitative Analyse der Aufschäumversuche.....	61
4.3.4 Formteilschwächung infolge der Schaumbildung.....	64
4.4 Berechnungsmodell für die Gasinjektionstechnik.....	67
4.4.1 Erste Abschätzung.....	67
4.4.2 Umfassende Analyse.....	69
4.4.3 Änderung im Lösungsverhalten.....	74
5. Gravitationseinfluß bei der Gasinjektionstechnik.....	78
5.1 Sensibilität des Verfahrens auf den Schwerkrafteinfluß.....	78
5.2 Konkreter Anwendungsfall.....	78
5.3 Gezielte Vermeidung gravitativer Einflüsse.....	81
6. Ausblick.....	82

7. Zusammenfassung / Summary.....	83
8. Literaturverzeichnis.....	88
Anhang 1: Materialdaten zu der Hohlraumausbildungsanalyse	
Anhang 2: Materialdaten und Ergebnisse zur Schaumanalyse	
Anhang 3: Berechnungsprogramm zur Ermittlung schaumfähiger Stickstoffbeladungen	