

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	I
Abstract.....	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Formelzeichen.....	VI
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation .....	2
1.2 Motivation .....	3
1.3 Zielsetzung .....	4
<b>2 Stand der Technik und Forschung.....</b>	<b>5</b>
2.1 Die RTM-Prozesskette .....	5
2.1.1 Preforming .....	6
2.1.2 Der Hochdruck-RTM Prozess.....	7
2.1.3 Faser- und Matrixmaterialien für das Resin Transfer Molding .....	9
2.1.4 Sandwichstrukturen im RTM Verfahren.....	10
2.2 Anlagentechnik für den Hochdruck Resin Transfer Molding Prozess .....	11
2.2.1 Mischen und Dosieren der Matrix beim Resin Transfer Molding Verfahren.....	11
2.2.2 Pressentechnik für den Resin Transfer Molding Prozess .....	12
2.2.3 Hochdruck-RTM Werkzeugtechnik und -merkmale .....	12
2.3 Die Harzinjektion im RTM Verfahren .....	14
2.3.1 Bestimmung von Porosität und Faservolumengehalt flächiger Textilhalbzeuge .....	14
2.3.2 Zum Kavitätsdruckverlauf bei der Injektion .....	15
2.3.3 Der Kavitätsdruck bei Kompression und Aushärten .....	16
<b>3 Anlagentechnik und Versuchswerkstoffe .....</b>	<b>17</b>
3.1 Anlagentechnik .....	17
3.2 Auswahl der Versuchswerkstoffe .....	21
3.3 Ermittlung der Laminatkenngrößen .....	23
<b>4 Methodische Prozessentwicklung .....</b>	<b>24</b>
4.1 Prozessanalyse.....	25
4.1.1 Analyse des Injektionsschrittes .....	25
4.1.2 Analyse des Kavitätsdrucks nach der Injektion.....	27
4.2 Charakterisierung der Versuchswerkstoffe .....	29
4.2.1 Bestimmung der Permeabilität der Lagenaufbauten .....	29
4.2.2 Kompaktierung der Textilhalbzeuge, Faserklemmung und Harzdichtung .....	32
4.2.3 Prozessnahe Messung der Harzviskosität.....	38
4.3 Einstellungsmerkmale des HP-RTM-Plattenwerkzeugs.....	40
4.4 Versuchsaufbau und Vorgehensweise bei den Prozessuntersuchungen .....	42
4.5 Untersuchung des Vakuumschrittes .....	45
4.6 Untersuchung der HP-IRTM Variante .....	49
4.6.1 Einfluss der Presskraft auf den Kavitätsdruck bei der HP-IRTM Variante .....	49
4.6.2 Beeinflussung des Kavitätsdrucks durch die Presskraft nach der Injektion .....	56
4.6.3 Einfluss der Werkzeugeinstellung auf den Druckverlauf bei der Injektion.....	58
4.6.4 Variation der Harzmenge .....	60
4.6.5 Variation des Massenstroms bei der Harzinjektion .....	62
4.6.6 Temperatur- und Viskositätsverlauf bei der Harzinjektion .....	66
4.6.7 Simulative Abschätzung druckrelevanter Parameter beim HP-IRTM .....	71
4.7 Untersuchung der HP-CRTM Variante .....	74
4.7.1 Einfluss des Werkzeugpaltes auf den Kavitätsdruck bei der Injektion .....	74
4.7.2 Einfluss der Kompressionszeit auf den Kavitätsdruckverlauf.....	78
4.8 Prozessentwicklung.....	80
4.8.1 Definition des Prozessablaufs .....	81
4.8.2 Sensorik und Regelung .....	83
4.8.3 Entwicklung und Verknüpfung der Teilprozessschritte .....	84

<b>5</b>	<b>Prozessvalidierung .....</b>	<b>88</b>
5.1	Prozessvalidierung auf Plattenebene .....	88
5.1.1	Validierung der Pressure-Controlled Injection RTM Variante .....	91
5.1.2	Validierung der Pressure-Controlled Compression RTM Variante .....	94
5.1.3	Diskussion der Validierungsversuche auf Plattenebene .....	97
5.2	Prozessvalidierung an einer komplexen Bauteilstruktur .....	104
5.2.1	Beschreibung des Bauteils, der Materialien und des Preformherstellung .....	104
5.2.2	RTM-Werkzeug und Versuchseinstellungen .....	107
5.2.3	Versuchsplanung und Ergebnisse.....	109
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>122</b>
<b>Literaturangaben .....</b>		<b>127</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>		<b>133</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>		<b>137</b>
<b>Anhang .....</b>		<b>138</b>
<b>Lebenslauf .....</b>		<b>146</b>