

# Inhaltsverzeichnis

Table of contents

<b>Kurzdarstellung</b> .....	<b>V</b>
<b>Formelzeichen und Abkürzungen</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung und Motivation</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik in Forschung und Industrie</b> .....	<b>5</b>
2.1 Werkstoff Glas .....	5
2.1.1 Struktur des Glases .....	5
2.1.2 Rheologie des Glases .....	7
2.1.3 Weitere umformungsrelevante Eigenschaften von Glas .....	13
2.2 Prozesse der Glasoptikreplikation .....	16
2.3 Modellierung und Simulation nicht-isothermer Warmumformprozesse.....	21
2.4 Gestaltabweichungen bei warmumgeformten Gläsern .....	25
2.4.1 Formabweichung.....	26
2.4.2 Welligkeit .....	28
2.4.3 Rauheit.....	30
2.5 Zwischenfazit .....	31
<b>3 Zielsetzung, Aufgabenstellung und Vorgehensweise</b> .....	<b>33</b>
<b>4 Systembeschreibung und -analyse</b> .....	<b>35</b>
4.1 Prozessbeschreibung und Systemabgrenzung.....	35
4.2 Beschreibung der Systemkomponenten.....	37
4.2.1 Umformmaschine .....	37
4.2.2 Heiztopf .....	38
4.2.3 Formwerkzeuge.....	39
4.2.4 Glasrohling .....	42
4.3 Messtechnik.....	43
<b>5 Entwicklung eines empirischen Modells</b> .....	<b>49</b>
5.1 Auswahl von Modelleingangsgrößen .....	49
5.2 Auswahl von Modellergebnisgrößen .....	51
5.3 Ableitung eines empirischen Modellansatzes .....	52
5.4 Versuchsplanung und -durchführung.....	53
5.5 Versuchsauswertung .....	55

5.5.1	Einflüsse der Modellfaktoren auf die Formabweichung.....	56
5.5.2	Einflüsse der Modellfaktoren auf die Welligkeit.....	63
5.5.3	Einflüsse der Modellfaktoren auf die Rauheit .....	69
5.6	Zwischenfazit .....	75
<b>6</b>	<b>Aufbau und Validierung eines numerischen Modells.....</b>	<b>77</b>
6.1	Problembeschreibung.....	77
6.2	Systembeschreibung und Abstraktion .....	78
6.3	Mathematische Beschreibung .....	81
6.3.1	Mechanisches Verhalten.....	82
6.3.2	Thermisches Verhalten .....	83
6.4	Bestimmung relevanter Eingangsgrößen.....	85
6.5	Validierung des Modells.....	90
6.6	Zwischenfazit .....	95
<b>7</b>	<b>Modellbasierte Ursachenanalyse.....</b>	<b>97</b>
7.1	Analyse der Formabweichungen .....	97
7.1.1	Analyse der Entstehungsursachen.....	97
7.1.2	Einfluss der Modellfaktoren .....	102
7.1.3	Einfluss weiterer Größen .....	105
7.2	Analyse der Welligkeit .....	108
7.2.1	Analyse der Entstehungsursachen.....	108
7.2.2	Einfluss der Modellfaktoren .....	110
7.2.3	Einfluss weiterer Größen .....	116
7.3	Analyse der Rauheit.....	118
7.3.1	Analyse der Entstehungsursachen.....	118
7.3.2	Einfluss der Modellfaktoren .....	122
7.4	Zwischenfazit .....	126
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>127</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>133</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>A</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>F</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>G</b>

A	Formelanhang.....	G
B	Bilderanhang.....	H
C	Tabellenanhang .....	N