

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung.....	2
1.2	Zielsetzung	3
2	Stand der Technik	4
2.1	Doppelschneckenextruder.....	4
2.1.1	Untersuchungen des Aufschmelzens, des initialen Aufschmelzens und der plastischen Energiedissipation	10
2.1.2	Bestehende Aufschmelzmodellierungen	19
2.2	Grundlagen der verwendeten Modellierungen	28
2.2.1	Modellierungsansätze	28
2.2.2	Dimensionsanalyse	30
2.2.3	Partielle Differentialgleichungen, Finite-Differenzen-Methode.....	32
2.3	Thermoplastisches Materialverhalten	35
3	Lösungsweg	40
4	Experimentelle Methoden	42
4.1	Massetemperatur-Ermittlung.....	42
4.1.1	Kontakt-Temperaturmessung.....	42
4.1.2	Kalorimetrische Temperaturmessung.....	43
4.1.3	Ermittlung der Mitteltemperatur.....	48
4.2	Ermittlung der plastischen Energiedissipation.....	50
4.2.1	Magnetostriktive Drehmomentmessung	50
4.2.2	Auswertung des Energieeintrages.....	51
4.3	Deformationsuntersuchung	54
4.4	Analyse der Aufschmelzgrade	57
4.4.1	Auswertung von Feststoffblöcken	57
4.4.2	Schneckenkarkassen-Analyse	63
4.4.3	Ermittlung von Aufschmelzgraden mittels Durchlichtwerkzeugen	65
4.5	Visualisierung des Extrusionsprozesses durch Schaugläser.....	69

5 Modellierung	73
5.1 Feststoffförderzone	74
5.1.1 Instationäre Wärmeleitung, Transformation in eindimensionale Wärmeströme	75
5.1.2 Konvektion und konvektiver Wärmeübergang	80
5.1.3 Reibung	92
5.1.4 Implementierung des Modells mit FDM	95
5.2 Aufschmelzzone	99
5.2.1 Deformationswahrscheinlichkeit in Knetscheiben	100
5.2.2 Energieeintrag durch Deformation	109
5.2.3 Identifikation der Aufschmelzgrade	112
5.2.4 Anknüpfung an disperse Aufschmelzmodelle	112
6 Validierung	115
6.1 Überprüfung der physikalischen Korrektheit der Modellierung	116
6.1.1 Feststoffförderzone	116
6.1.2 Aufschmelzzone	120
6.2 Abgleich mit experimentellen Ergebnissen	126
6.3 Modellvergleich	132
6.3.1 Temperaturberechnung	132
6.3.2 Aufschmelzberechnungen	133
7 Implementierung	138
8 Zusammenfassung und Ausblick	142
9 Literaturverzeichnis	149
Anhang	155
A1 Grundlagen der Doppelschneckenberechnung	156
A1.1 Geometrie der Schneckenelemente	156
A1.2 Geometrie des Schneckenkanals	158
A1.3 Schüttdichtenkorrektur	160
A1.4 Verweilzeit, Füllgrad	162
A1.5 Freie Querschnittsfläche, freies Volumen	163

A2 Implementierung	165
A2.1 Bisektion zur Bestimmung der Biot-Zahl-Korrektur	165
A2.2 Stoffwerte der trockenen Luft	166
A3 Parameter experimenteller Untersuchungen	167
A3.1 Charakteristik der eingesetzten Materialien.....	167
A3.2 Ermittlung Feststofftemperatur.....	170
A3.2.1 25 mm Nenndurchmesser.....	170
A3.2.2 40 mm Nenndurchmesser.....	173
A3.2.3 50 mm Nenndurchmesser.....	176
A3.3 Ermittlung plastischer Energiedissipation	178
A3.4 Ermittlung Deformationsgrad	179
A3.4.1 25 mm Nenndurchmesser.....	179
A3.4.2 45 mm Nenndurchmesser.....	181
A3.5 Ermittlung Aufschmelzgrad	183
A3.5.1 25 mm Nenndurchmesser.....	183
A3.5.2 28 mm Nenndurchmesser.....	186
A3.5.3 46 mm Nenndurchmesser.....	190
A3.6 Visualisierung durch Schaugläser.....	195
A4 Ergebnisse experimenteller Untersuchungen	197
A4.1 Auswertung von Feststoffblöcken	197
A4.2 Schneckenkarkassen-Analyse, 28 mm Nenndurchmesser.....	200
A4.3 Ermittlung von Aufschmelzgraden mittels Durchlichtwerkzeugen 46 mm Nenndurchmesser.....	201