

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Verfahrensbeschreibung .....	1
1.2 Ausgangssituation und Zielsetzung .....	3
1.3 Anforderungen an das Modellkonzept .....	6
<b>2. Grundlagen der Prozeßmodellierung</b> .....	<b>8</b>
2.1 Stand der mathematischen Modellbildung .....	8
2.2 Verkopplungs-orientierte Prozeßbeschreibung .....	13
2.3 Methoden der Modellaufbereitung .....	18
2.3.1 Prozeßnormierung .....	18
2.3.2 Ortsdiskretisierung verteilter Prozeßkomponenten .....	22
2.3.3 Ordnungsreduktion mittels singularer Störungsrechnung .....	26
2.4 Grundlagen differential-algebraischer Gleichungen .....	31
2.4.1 Grundformen und Index .....	31
2.4.2 Besonderheiten und ihre Handhabung bei der Problemlösung ..	34
2.5 Strukturierung des Extrusionsprozesses .....	38
<b>3. Modellierung der aktuatorischen Prozesse</b> .....	<b>42</b>
3.1 Modellierung des Schneckenantriebs .....	42
3.1.1 Eingangsgrößenmodelle .....	42
3.1.2 Normierung der Modellgleichungen .....	44
3.2 Modellierung der Temperiereinrichtung .....	45
3.2.1 Heizleistungsanteil .....	47
3.2.2 Konvektiver Wärmeübergang .....	49
3.2.2.1 Modell des Lüfters .....	49
3.2.2.2 Wärmeübergangszahl des luftgekühlten Zylinders .....	53
3.2.2.3 Modell des Rippenkühlkörpers .....	56
3.2.3 Wärmeverluste durch Strahlung .....	58
3.2.4 Bilanzgleichung der Temperiereinrichtung .....	60
3.2.5 Normierung der Modellgleichungen .....	60

<b>4. Modellierung der fluidischen Prozesse</b> .....	<b>64</b>
4.1 Grundlagen der Strömungsanalyse .....	64
4.1.1 Allgemeine Voraussetzungen .....	64
4.1.2 Einführen rheologischer Zustandsgleichungen .....	65
4.1.3 Definition viskosimetrischer Funktionen .....	67
4.1.4 Aufstellen der Kontinuitätsbedingungen .....	68
4.2 Modell einer instationären Ringspaltströmung .....	69
4.2.1 Aufstellen der Modellgleichungen .....	70
4.2.2 Normierung der Modellgleichungen .....	72
4.2.3 Ortsdiskretisierung der verteilten Prozeßkomponenten .....	74
4.2.4 Verkopplungs-orientierte Zustandsbeschreibung .....	76
4.2.5 Analyse der Prozeßstruktur .....	78
4.3 Modell der instationären Strömung im Schneckengang .....	82
4.3.1 Aufstellen der Modellgleichungen .....	82
4.3.2 Normierung der Modellgleichungen .....	87
4.3.3 Ortsdiskretisierung der verteilten Prozeßkomponenten .....	89
4.3.4 Verkopplungs-orientierte Zustandsbeschreibung .....	90
4.3.5 Analyse der Prozeßstruktur .....	92
4.3.6 Verkopplung mit dem Schneckenantrieb .....	94
<b>5. Modellierung der thermischen Prozesse</b> .....	<b>95</b>
5.1 Energiebilanzanteile für den Fließkanal .....	97
5.1.1 Wendelförmige Ringspaltströmungen .....	97
5.1.2 Berücksichtigung des Querströmungseinflusses im Schneckengang .....	101
5.2 Thermisches Gesamtmodell für Ringspalt und Schneckengang .....	105
5.2.1 Verkopplung der Zonenabschnitte .....	106
5.2.2 Normierung der Modellgleichungen .....	107
5.2.3 Ortsdiskretisierung der verteilten Prozeßkomponenten .....	109
5.2.4 Verkopplungs-orientierte Zustandsbeschreibung .....	112
5.2.5 Analyse der Prozeßstruktur .....	115
5.3 Thermisches Prozeßmodell für Zylinderwand und Schnecke .....	118
5.3.1 Normierung der Modellgleichungen .....	119
5.3.2 Ortsdiskretisierung der verteilten Prozeßkomponenten .....	120
5.3.3 Verkopplungs-orientierte Zustandsbeschreibung .....	122
5.3.4 Analyse der Prozeßstruktur .....	124

5.4	Verkopplung der thermischen Prozeßmodelle	126
5.4.1	Aufstellen der Modellgleichungen	126
5.4.2	Normierung der Modellgleichungen	127
5.4.3	Aufstellen der Koppelsystembeschreibung	128
5.5	Verwendung von Analogiemodellen	130
<b>6.</b>	<b>Analyse instationärer Prozeßvorgänge</b>	<b>135</b>
6.1	Aufbau und Parameter des Extruders	135
6.2	Untersuchungen zum thermischen Prozeßverhalten	139
6.2.1	Modellkonfiguration	139
6.2.2	Arbeitspunkte	140
6.2.3	Wirkung von Schneckendrehzahländerungen	145
6.2.4	Wirkung von Heizleistungsänderungen	150
6.2.5	Wirkung von Lüfterdrehzahländerungen	153
6.2.6	Kennwerte zur Charakterisierung transients Prozeßvorgänge	156
6.3	Untersuchungen zum Durchsatz- und Druckverhalten	163
6.3.1	Modellkonfiguration	163
6.3.2	Arbeitspunkt und Betriebsweise	164
6.3.3	Typische Verläufe der Übergangsfunktionen	164
6.3.4	Variation der Stoffparameter	168
6.3.5	Variation der Verzögerungszeit des Schneckenantriebes	170
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>172</b>
<b>8.</b>	<b>Literatur</b>	<b>175</b>
<b>9.</b>	<b>Formelzeichen</b>	<b>182</b>
<b>10.</b>	<b>Anhang</b>	<b>190</b>
10.1	Bestimmung der Korrespondenzfunktion $f_K(r)$	190
10.2	Numerische Lösung differential-algebraischer Gleichungen	196
10.2.1	Allgemeines zu Runge-Kutta-Verfahren	196
10.2.2	Beschreibung des verwendeten Integrationsverfahrens	198
10.2.3	Modifikation der Integrationsalgorithmen	199