

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis .....</b>                                | <b>11</b> |
| <b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis.....</b>                  | <b>14</b> |
| <b>1 Einleitung .....</b>                                      | <b>21</b> |
| 1.1 Problematik und Zielsetzung .....                          | 22        |
| 1.2 Vorgehensweise.....                                        | 23        |
| <b>2 Stand der Technik und Forschung.....</b>                  | <b>25</b> |
| 2.1 Grundlagen der Einschneckenextrusion .....                 | 25        |
| 2.1.1 Extruderschnecke .....                                   | 27        |
| 2.1.2 Scher- und Mischelemente.....                            | 29        |
| 2.1.3 Druck-Durchsatzverhalten von Einschneckenextrudern ..... | 30        |
| 2.2 Numerische Strömungssimulationen .....                     | 38        |
| 2.2.1 Verwendeter Simulationscode.....                         | 38        |
| 2.2.2 Annahmen und Randbedingungen.....                        | 39        |
| 2.2.3 Erhaltungsgleichungen.....                               | 40        |
| 2.2.4 Materialgesetze.....                                     | 42        |
| 2.2.5 Particle Tracking Methode.....                           | 45        |
| 2.3 Mischvorgänge in Einschneckenextrudern .....               | 46        |
| 2.3.1 Mischen allgemein .....                                  | 46        |
| 2.3.2 Arten von Mischvorgängen.....                            | 47        |
| 2.3.3 Charakterisierung von Mischgüteprozessen.....            | 51        |
| 2.4 Statistische Versuchsplanung .....                         | 58        |
| 2.4.1 Vorgehensweise der statistischen Versuchsplanung.....    | 59        |
| 2.4.2 Aufstellung eines Versuchsplans.....                     | 59        |
| 2.4.3 Versuchspläne .....                                      | 60        |
| 2.4.4 Auswertung von Versuchsplänen.....                       | 69        |

|          |                                                                                                          |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3</b> | <b>Entwicklung einer Methodik zur Analyse der distributiven Mischgüte</b>                                | <b>72</b>  |
| 3.1      | Bestimmung der distributiven Mischgüte auf Basis der Delaunay-Triangulierung und Voronoi-Diagramme ..... | 72         |
| 3.1.1    | Delaunay-Triangulierung .....                                                                            | 72         |
| 3.1.2    | Voronoi-Diagramm .....                                                                                   | 76         |
| 3.2      | Statistische Größen zur Beurteilung der distributiven Mischgüte ...                                      | 77         |
| 3.3      | Implementierung in <i>MATLAB</i> .....                                                                   | 81         |
| 3.4      | Verifikation der Berechnungen der Auswertemethode .....                                                  | 82         |
| 3.5      | Gegenüberstellung von Delaunay-Triangulierung und Voronoi-Diagrammen .....                               | 86         |
| <b>4</b> | <b>Experimentelle Untersuchungen zum Mischverhalten</b> .....                                            | <b>91</b>  |
| 4.1      | Vorgehensweise und experimenteller Aufbau .....                                                          | 91         |
| 4.1.1    | Versuchsaufbau .....                                                                                     | 91         |
| 4.1.2    | Verwendete Schneckengeometrien .....                                                                     | 93         |
| 4.1.3    | Verwendete Materialien .....                                                                             | 95         |
| 4.1.4    | Auswertegrößen .....                                                                                     | 96         |
| 4.1.5    | Versuchsplanung .....                                                                                    | 104        |
| 4.1.6    | Voruntersuchungen .....                                                                                  | 104        |
| 4.2      | Auswertung und Vergleich der experimentellen und simulativen Untersuchungen .....                        | 107        |
| 4.2.1    | Druck-Durchsatzverhalten .....                                                                           | 108        |
| 4.2.2    | Distributive Mischgüte .....                                                                             | 109        |
| <b>5</b> | <b>Rautenmischteile</b> .....                                                                            | <b>119</b> |
| 5.1      | Grundlagen .....                                                                                         | 119        |
| 5.2      | Versuchsplan und Pre-Processing .....                                                                    | 120        |
| 5.3      | Vorgehensweise der simulativen Ergebnisse .....                                                          | 124        |
| 5.3.1    | Auswertung der stationären Zielgrößen .....                                                              | 125        |
| 5.3.2    | Vorgehensweise und Auswertung des Particle Trackings .....                                               | 126        |

|               |                                                                        |            |
|---------------|------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.4           | Auswertung der Zielgrößen .....                                        | 128        |
| 5.4.1         | Druck-Durchsatzverhalten.....                                          | 128        |
| 5.4.2         | Dispersive Mischgüte .....                                             | 131        |
| 5.4.3         | Distributive Mischgüte .....                                           | 132        |
| 5.4.4         | Modellverbesserung .....                                               | 134        |
| 5.5           | Optimierung.....                                                       | 135        |
| 5.6           | Scale-Up/-Down .....                                                   | 137        |
| <b>6</b>      | <b>Wendelscherteile .....</b>                                          | <b>141</b> |
| 6.1           | Grundlagen .....                                                       | 141        |
| 6.2           | Versuchsplan und Pre-Processing .....                                  | 142        |
| 6.3           | Auswertung der Zielgrößen .....                                        | 146        |
| 6.3.1         | Druck-Durchsatzverhalten.....                                          | 146        |
| 6.3.2         | Dispersive Mischgüte .....                                             | 148        |
| 6.3.3         | Distributive Mischgüte .....                                           | 152        |
| 6.4           | Optimierung.....                                                       | 154        |
| <b>7</b>      | <b>Zylindrisches Scherteil.....</b>                                    | <b>157</b> |
| 7.1           | Grundlagen zylindrisches / konisches Scherteil .....                   | 157        |
| 7.2           | Druck-Durchsatzverhalten zylindrisches / konisches Scherteil ....      | 158        |
| 7.3           | Versuchsplan und Netzstudie .....                                      | 160        |
| 7.4           | Auswertung und Modellierung .....                                      | 162        |
| 7.5           | Vergleich der Modelle.....                                             | 164        |
| 7.6           | Diskussion möglicher Verbesserungen des Druck-Durchsatzverhaltens..... | 166        |
| <b>8</b>      | <b>Zusammenfassung .....</b>                                           | <b>171</b> |
| <b>9</b>      | <b>Literaturverzeichnis.....</b>                                       | <b>175</b> |
| 9.1           | Zitierte Quellen.....                                                  | 175        |
| 9.2           | Verwendete studentische Abschlussarbeiten .....                        | 189        |
| 9.3           | Erklärung zur Zitation von Inhalten aus studentischen Arbeiten ..      | 191        |
| <b>Anhang</b> | <b>.....</b>                                                           | <b>193</b> |