

# Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	v
Abstract	xi
Kurzfassung	xiii
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand des Wissens und Zielsetzung</b>	<b>5</b>
2.1 Technologieoptionen . . . . .	5
2.2 Modellansätze zur Beschreibung von Partikelströmungen . . . . .	12
2.3 Zielsetzung der Arbeit . . . . .	15
<b>3 Experimentelle Charakterisierung von ausgewählten granularen Materialien</b>	<b>17</b>
3.1 Materialauswahl . . . . .	17
3.2 Thermophysikalische Eigenschaften . . . . .	19
3.3 Thermische Zyklenfestigkeit . . . . .	23
3.4 Tribologische Eigenschaften . . . . .	25
3.5 Rheologische Eigenschaften . . . . .	31
3.6 Schlussfolgerungen aus der Materialcharakterisierung . . . . .	35
<b>4 Modellierung eines Wanderbettwärmeübertragers</b>	<b>37</b>
4.1 Modellansatz . . . . .	37
4.2 Rechengebiet und Randbedingungen . . . . .	40
4.3 Empirische Modelle . . . . .	42
4.3.1 Wärmeübergang . . . . .	42
4.3.2 Geschwindigkeitsverteilung . . . . .	45
<b>5 Simulationen zum physikalischen Verhalten von Wanderbettwärmeübertragern</b>	<b>49</b>

5.1	Parametrisierung . . . . .	49
5.2	Physikalisches Verhalten . . . . .	51
5.3	Vergleich mit empirischen Ansätzen . . . . .	53
<b>6</b>	<b>Konzeptentwürfe zum Wanderbettwärmeübertrager</b>	<b>57</b>
6.1	Geometrieconzepte . . . . .	58
6.2	Einfluss der Rohrbündel-Geometrie auf die thermische Leistungsfähigkeit .	60
6.3	Entwurf eines angepassten Rohrbündeldesigns als Leitkonzept . . . . .	64
6.4	Thermische Charakterisierung des angepassten Funktionsmusters . . . . .	67
<b>7</b>	<b>Experimentelle Validierung der Simulationsergebnisse</b>	<b>77</b>
7.1	Testumgebung und Messtechnik . . . . .	77
7.1.1	Beschreibung des Teststands . . . . .	77
7.1.2	Messmethodik zur Untersuchung des strömungsmechanischen Verhaltens . . . . .	80
7.1.3	Messmethodik zur Untersuchung des thermischen Verhaltens . . . . .	81
7.2	Messung der Strömungsverhältnisse im Wanderbett . . . . .	83
7.3	Messung des thermischen Verhaltens des Wanderbettwärmeübertragers . .	90
7.4	Zusammenfassung der experimentellen Ergebnisse und Bewertung des Modellansatzes . . . . .	95
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick auf weiterführende Aufgaben</b>	<b>97</b>
<b>A</b>	<b>Ausgewählte Grundlagen zur Physik der Schüttgüter</b>	<b>101</b>
A.1	Wärmeleitung in Schüttungen . . . . .	101
A.2	Schüttgutmechanik . . . . .	103
A.2.1	Rheologie der Schüttgüter . . . . .	103
A.2.2	Parameter zur Siloauslegung . . . . .	106
<b>B</b>	<b>Ergänzungen zum Euler-Euler-Modell</b>	<b>109</b>
B.1	Koppelgroßen und konstitutive Gleichungen . . . . .	109
B.2	Effektive Wärmeleitfähigkeit und Strahlung . . . . .	113
B.3	Lösungsverfahren . . . . .	114
<b>C</b>	<b>Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen</b>	<b>117</b>
C.1	Korngrößenanalyse . . . . .	117
C.2	Rheologische Schüttguteigenschaften zur Dimensionierung . . . . .	119

<b>D Experimentelle Auswertungsmethodik</b>	<b>121</b>
D 1 Abschätzung der Packungsdichte an der Rohrwand . . . . .	121
D 2 Thermische Bilanzierung des Wärmeübertragers . . . . .	122
D 3 Korrektur der simulierten, lokalen Wärmeübergangskoeffizienten am Scheitelpunkt . . . . .	124
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>131</b>