

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	v
Abstract	xi
Kurzfassung	xiii
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens und Zielsetzung	5
2.1 Technologieoptionen	5
2.2 Modellansätze zur Beschreibung von Partikelströmungen	12
2.3 Zielsetzung der Arbeit	15
3 Experimentelle Charakterisierung von ausgewählten granularen Materialien	17
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
4 Modellierung eines Wanderbettwärmeübertragers	37
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
5 Simulationen zum physikalischen Verhalten von Wanderbettwärmeübertragern	49

5.1	Parametrisierung	49
5.2	Physikalisches Verhalten	51
5.3	Vergleich mit empirischen Ansätzen	53
6	Konzeptentwürfe zum Wanderbettwärmeübertrager	57
6.1	Geometriekonzepte	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
7	Experimentelle Validierung der Simulationsergebnisse	77
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
8	Zusammenfassung und Ausblick auf weiterführende Aufgaben	97
A	Ausgewählte Grundlagen zur Physik der Schüttgüter	101
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	Ergänzungen zum Euler-Euler-Modell	109
B.1	Koppelgroßen und konstitutive Gleichungen	109
B.2	Effektive Wärmeleitfähigkeit und Strahlung	113
B.3	Lösungsverfahren	114
C	Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen	117
C.1	Korngrößenanalyse	117
C.2	Rheologische Schüttguteigenschaften zur Dimensionierung	119

D Experimentelle Auswertungsmethodik	121
D 1 Abschätzung der Packungsdichte an der Rohrwand	121
D 2 Thermische Bilanzierung des Wärmeübertragers	122
D 3 Korrektur der simulierten, lokalen Wärmeübergangskoeffizienten am Schei- telpunkt	124
Literaturverzeichnis	131