

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort des Herausgebers .....</b>	<b>III</b>
<b>Vorwort des Autors .....</b>	<b>IV</b>
<b>Kurzfassung .....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>VI</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Symbol- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangspunkt der Arbeit .....	1
1.2 Stand der Forschung .....	3
1.2.1 Phasenwechselforgänge in der Thermofluiddynamik.....	3
1.2.2 Latente thermische Speicher.....	11
1.3 Beitrag der vorliegenden Arbeit .....	17
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>19</b>
2.1 Numerische Simulation in der Thermofluiddynamik .....	19
2.1.1 Erhaltungsprinzipien.....	19
2.1.2 Herleitung der Erhaltungsgleichungen .....	20
2.1.3 Diskretisierung und numerische Lösungsmethoden.....	24
2.2 OpenFOAM .....	34
2.3 Validierung numerischer Modelle .....	36
<b>3 Mehrphasensimulationen .....</b>	<b>39</b>
3.1 Einteilung der Modelle .....	39
3.2 Mischungsansatz.....	42
3.3 Simulation von fest/flüssig-Phasenwechseln .....	47
3.3.1 Enthalpie-Methode .....	48
3.3.2 Enthalpie-Porositäts-Methode .....	57
3.4 Volume-of-Fluid-Methode .....	63
<b>4 Modell makroverkapselter latenter thermischer Speicher .....</b>	<b>71</b>
4.1 Modellanforderungen und Annahmen.....	71
4.2 Physikalisches Modell .....	72
4.3 Numerische Einzelmodelle.....	74
4.3.1 Enthalpie-Porositäts-Methode für drei Phasen .....	74
4.3.2 Kompressible Volume-of-Fluid-Methode .....	78
4.3.3 Absinken und Kontaktschmelzen .....	81
4.4 Verifizierung durch Bilanzierung.....	89

---

4.5	Numerisches Gesamtmodell und Lösungsverfahren .....	91
<b>5</b>	<b>Versuchsordnung zur experimentellen Validierung.....</b>	<b>99</b>
5.1	Anforderungen an die Versuchsordnung .....	99
5.2	Aufbau der Versuchsordnung .....	99
5.2.1	Schmelzvorgang ohne Absinken .....	101
5.2.2	Schmelzvorgang mit Absinken.....	102
5.3	Speichermaterial und Stoffdaten .....	103
5.4	Visuelle Erfassung des Phasenwechsels und Particle Image Velocimetry....	109
5.5	Messgrößen und Datenerfassung .....	113
5.6	Fehlerrechnung .....	114
5.6.1	Systematische Messabweichungen.....	115
5.6.2	Statistische Messabweichungen .....	116
5.6.3	Fehlerfortpflanzung .....	117
<b>6</b>	<b>Validierung des Modells an der Versuchsordnung.....</b>	<b>121</b>
6.1	Eingangsgrößen und numerisches Gitter .....	121
6.2	Grundmodell ohne Kontaktschmelzen .....	126
6.2.1	Randbedingungen .....	126
6.2.2	Position der Phasengrenze .....	128
6.2.3	Leistungs- und Energieverlauf.....	135
6.2.4	Strömungsfeld.....	141
6.2.5	Dimensionslose Kennzahlen und Korrelationen .....	143
6.3	Modell mit Kontaktschmelzen.....	145
6.3.1	Beginn des Absinkens der festen Phase .....	146
6.3.2	Position der Phasengrenze .....	150
6.3.3	Leistungs- und Energieverlauf.....	153
6.3.4	Strömungsfeld und Kontaktschmelzen.....	155
6.4	Gesamtmodell.....	160
6.4.1	Oberflächenspannung und Simulationsdauer .....	161
6.4.2	Position der Phasengrenze .....	163
6.4.3	Leistungs- und Energieverlauf.....	167
6.4.4	Strömungsfeld und Kontaktschmelzen.....	167
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>171</b>
<b>8</b>	<b>Summary.....</b>	<b>175</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>179</b>