

## 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 Phasenwechselvorgänge in der Thermofluidodynamik .....	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 Thermofluidodynamik .....	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 Kontaktsschmelzen .....	81
4.4 Verifizierung durch Bilanzierung .....	89

4.5	Numerisches Gesamtmodell und Lösungsverfahren .....	91
<b>5</b>	<b>Versuchsanordnung zur experimentellen Validierung.....</b>	<b>99</b>
5.1	Anforderungen an die Versuchsanordnung .....	99
5.2	Aufbau der Versuchsanordnung .....	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 Versuchsanordnung.....</b>	<b>121</b>
6.1	Eingangsgrößen und numerisches Gitter.....	121
6.2	Grundmodell ohne Kontaktsschmelzen .....	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 Kontaktsschmelzen.....	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 Kontaktsschmelzen .....	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 Kontaktsschmelzen .....	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>