

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers	III
Vorwort des Autors	IV
Kurzfassung	V
Abstract	VI
Inhaltsverzeichnis	VII
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
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
2 Grundlagen	19
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
3 Mehrphasensimulationen	39
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
4 Modell makroverkapselter latenter thermischer Speicher	71
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
5	Versuchsanordnung zur experimentellen Validierung.....	99
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
6	Validierung des Modells an der Versuchsanordnung.....	121
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
7	Zusammenfassung und Ausblick	171
8	Summary.....	175
	Literaturverzeichnis	179