

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Aufgabenstellung	1
2. Stand des Wissens - Hydrodynamik	3
2.1. Das Bewegungsverhalten von starren Einzelpartikeln	4
2.1.1. Widerstandsgesetze für sphärische Einzelpartikel	4
2.1.2. Gleichförmige Bewegung	6
2.2. Form und Bewegungsverhalten von Einzelblasen	6
2.2.1. Aufstiegsgeschwindigkeit und Widerstandsbeiwerte	9
2.2.2. Beschleunigte Blasenbewegungen	18
2.2.3. Bewegungsbahnen	19
2.2.4. Korrelationen für die Blasenform	22
2.2.5. Blasenaufstieg in leicht und stark verschmutzten Systemen .	24
2.3. Form und Bewegungsverhalten von Blasketten	26
2.4. Wirbelschleppenphänomene	27
2.4.1. Laminare Wirbelschleppen	28
2.4.2. Turbulente Wirbelschleppen	29
2.4.3. Formen der Wirbelschleppen	29
3. Stand des Wissens - Stofftransport	33
3.1. Stoffübergang durch die Grenzfläche von Blasen und Tropfen	34
3.2. Zweifilm-Theorie	36
3.3. Penetrations-Theorie	39
3.4. Sherwood Korrelationen	42

4. Versuchsaufbau und -durchführung	45
4.1. Versuchsaufbau zur Untersuchung des Blasenanstiegs	45
4.2. Kalibrierung der Kameras	46
4.3. Versuchsdurchführung	47
4.4. Methode zur Erfassung der Blasenbewegung	48
5. Experimente	53
6. Stand des Wissens - Simulation	67
6.1. Ansätze zur Simulation von Blasenströmungen	67
6.2. Simulationen aufsteigender Blasen mit Interface Tracking Methoden	73
6.2.1. Hydrodynamik	73
6.2.2. Stoffaustausch	76
7. Kontinuumsmechanische Modellierung	79
7.1. Bilanzierung von Zweiphasenströmungen	79
7.1.1. Integralen Bilanzen	79
7.1.2. Differentielle Bilanzen	83
7.1.3. Sprungbedingungen	85
7.1.4. Randbedingungen	85
7.2. Stoffaustausch	86
8. Numerische Verfahren	89
8.1. Die VOF-Methode	89
8.2. Parasitäre Strömungen	95
9. Numerische Simulation aufsteigender Blasen	99
9.1. Stoffwerte der verwendeten Systeme	99
9.2. Variationen der Stoffeigenschaften der dispersen Phase	101
9.3. Vergleich mit analytischen Lösungen	105
9.3.1. Blasenform	106
9.3.2. Geschwindigkeitsfelder	108
9.4. Einfluß von Gitterauflösung und Wandabstand	112
9.5. Einzelblasen	118

9.5.1.	Aufstiegsgeschwindigkeiten	120
9.5.2.	Aufstiegsbahnen	129
9.5.3.	Bahnfrequenz	136
9.5.4.	Blasenformen	138
9.6.	Wirbelschleppenphänomene	145
9.6.1.	Helikale Wirbelschleppe	146
9.6.2.	Achsensymmetrische Wirbelschleppe	149
9.6.3.	Wirbelschleppenlänge	150
9.6.4.	Wirbelschleppenbildung und -ablösung	154
9.7.	Blasenkoaleszenz	157
9.8.	Stoffübergang	165
9.8.1.	Validierung	167
9.8.2.	Gitterabhängigkeit des Stofftransportes	169
9.8.3.	Variation der Schmidt-Zahl	170
9.8.4.	Vergleich mit experimentellen Daten	175
9.8.5.	Blasketten	180
10.	Zusammenfassung und Ausblick	189
11.	Symbolverzeichnis	195
A.	Anhang	199
A.1.	Festlegung der Wirbelschleppenlänge nach Tsuchiya und Fan	199
A.2.	Einfluß der Blaserzeugung	199
A.3.	Koeffizienten der Geradengleichungen	201
	Tabellenverzeichnis	203
	Abbildungsverzeichnis	205
	Literaturverzeichnis	211