Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung ..... **V**

Abstract ..... **VI**

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis ..... **VII**

Abbildungsverzeichnis ..... **X**

Tabellenverzeichnis ..... **XV**

1 Einleitung **1**

2 Stand des Wissens **5**

2.1 Dünnschichtverdampfer in der thermischen Trenntechnik *6*
2.1.1 Aufbau, Funktionsweise und Filmzonen 7
2.1.2 Betriebliche, apparative und stoffliche Einflussfaktoren 11
2.1.3 Herausforderungen bei der Auslegung und beim Betrieb 14
2.2 Benetzbarkeit und Wärmeübertragung mechanisch unterstützter Fallfilme *15*
2.2.1 Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Vergleich zur Fallfilmverdampfung 16
2.2.2 Bereich der einphasigen Aufwärmung 20
2.2.3 Bereich des geschlossenen Films 21
2.2.4 Bereich der Teilbenetzung, Filmaufriss und Mindestberieselung 27
2.3 Ausrichtung und Ziele der vorliegenden Arbeit *29*

3 Segmentweise Methodik und Vorgehen **32**

3.1 Segmentweise Charakterisierung von Dünnschichtverdampfern *33*
3.1.1 Benetzungssituationen für einen unterkühlten Feed mit $\Gamma_S < \Gamma_{S,min}$ 35
3.1.2 Benetzungssituationen für einen unterkühlten Feed mit $\Gamma_S \geq \Gamma_{S,min}$ 37
3.1.3 Benetzungssituationen für einen siedenden Feed mit $\Gamma_S < \Gamma_{S,min}$ 38
3.1.4 Benetzungssituationen für einen siedenden Feed mit $\Gamma_S \geq \Gamma_{S,min}$ 39
3.2 Berechnungsansätze in den unterschiedlichen Segmenten *40*
3.3 Aufbau und Funktionsweise der Fließbildsimulation *44*

4 Experimentelle Untersuchungen **47**

4.1 Aufbau der Versuchsanlage *48*
4.2 Verwendete Medien und Betriebsbedingungen *51*
4.3 Weitere verwendete Dünnschichtverdampfer *53*
4.4 Datenauswertung und -reduzierung *54*
4.4.1 Massenbilanzierung 55
4.4.2 Wärmebilanzierung 55
4.5 Unsicherheitsbetrachtungen der durchgeführten Experimente *58*
4.6 Visualisierung des Benetzungsverhaltens durch Hochgeschwindigkeitsaufnahmen *59*

5 Ergebnisse und Diskussion **61**

5.1 Betrachtung eines stationären Zustands *62*
5.1.1 Massenbilanzierung 62
5.1.2 Energetische Bilanzierung 64

5.1.3 Versuchsstabilität weiterer Prozessgrößen ... 66
5.1.4 Auswertung der Massenbilanz ... 68
5.2 Benetzung, Verdampfungsleistung und Wärmedurchgang ... 70
5.2.1 Benetzung und Wärmedurchgang bei flüssig-siedendem Feed ... 70
5.2.2 Voll- und Teilbenetzung bei unterkühltem Feed ... 77
5.2.3 Wärmeübertragung, minimale Sumpfumfangsbelastungen und teilbenetzte Zonen ... 78
5.2.4 Einfluss der Betriebsveränderlichen ... 82
5.3 Bildgestütztes Be- und Entnetzungsverhalten sowie Betriebsphänomene ... 86
5.4 Skalierbarkeit der Methodik auf weitere Apparate und Stoffsysteme ... 94
5.4.1 Anwendung auf einen Glasapparat im Labormaßstab ... 94
5.4.2 Anwendung auf einen dampfbeheizten Edelstahlapparat im Produktionsmaßstab ... 98
5.5 Ergebnisse der Fließbildsimulation und Vergleich mit dem segmentweisen Ansatzes ... 100

6 Zusammenfassung und Ausblick ... 106

6.1 Erkenntnisse der durchgeführten Arbeit ... 107
6.2 Ausblick und zukünftige Forschungsschwerpunkte ... 108

Literaturverzeichnis ... 110

Anhang ... 115

Lebenslauf ... 118