

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	V
Abstract	VI
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XV
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	5
2.1 Dünnsschichtverdampfer 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 Benetzbareit 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 Dünnsschichtverdampfern	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 Dünnsschichtverdampfer	53
4.4 Datenauswertung und -reduzierung	54
4.4.1 Massenbilanzierung	55
4.4.2 Wärmebilanzierung	55
4.5 Unsicherheitsbetrachtungen der durchgeföhrten 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	<i>Benetzung, Verdampfungsleistung und Wärmedurchgang</i>	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	<i>Bildgestütztes Be- und Entnetzungsverhalten sowie Betriebsphänomene</i>	86
5.4	<i>Skalierbarkeit der Methodik auf weitere Apparate und Stoffsysteme</i>	94
5.4.1	Anwendung auf einen Glasapparat im Labormaßstab	94
5.4.2	Anwendung auf einen dampfbeheizten Edelstahlapparat im Produktionsmaßstab	98
5.5	<i>Ergebnisse der Fließbildsimulation und Vergleich mit dem segmentweisen Ansatzes</i>	100
6	Zusammenfassung und Ausblick	106
6.1	<i>Erkenntnisse der durchgeföhrten Arbeit</i>	107
6.2	<i>Ausblick und zukünftige Forschungsschwerpunkte</i>	108
	Literaturverzeichnis	110
	Anhang	115
	Lebenslauf	118