

Inhaltverzeichnis

Kurzfassung	III
Abstract	IV
Symbolverzeichnis	V
1. Einleitung	1
2. Stand des Wissens.....	3
2.1. Grundlagen zum Naturumlaufverdampfer.....	3
2.1.1. Prinzip des Naturumlaufverdampfers.....	4
2.1.2. Betriebsbereich und Bauformen des Naturumlaufverdampfers	6
2.1.3. Strömungsinstabilitäten in Naturumlaufverdampfern	10
2.2. Drahtgestrickeinbauten	15
2.3. Fluidodynamik und Wärmeübertragung im Naturumlaufverdampfer.....	17
2.3.1. Fluidodynamik einphasiger Strömung.....	18
2.3.2. Fluidodynamik zweiphasiger Strömung.....	19
2.3.3. Wärmeübertragung bei der Kondensation	26
2.3.4. Wärmeübertragung bei der einphasigen Konvektion	28
2.3.5. Wärmeübertragung beim Strömungssieden.....	31
2.4. Simulation von Naturumlaufverdampfern	35
2.5. Einordnung der eigenen Arbeit.....	36
3. Experimentelle Vorgehensweise.....	38
3.1. Versuchsaufbau.....	38
3.1.1. Versuchsanlage	38
3.1.2. Konstruktiver Aufbau	40
3.2. Verwendete Stoffe	44
3.3. Versuchsauswertung	46
3.3.1. Treibende Temperaturdifferenz	46
3.3.2. Geschwindigkeit und Reynolds-Zahl am Rohreintritt.....	47
3.3.3. Bestimmung der anliegenden Wärmestromdichte im Verdampfer	47
3.3.4. Umlaufzahl	50
3.4. Untersuchte Versuchsbedingungen.....	50
3.5. Unsicherheitsbetrachtung	51
4. Experimentelle Ergebnisse.....	55
4.1. Naturumlaufverdampfung von Wasser.....	55
4.1.1. Überfluteter Zustand.....	56
4.1.2. Nicht überfluteter Zustand.....	61
4.2. Naturumlaufverdampfung vom Wasser-Glycerin Gemisch	63
4.2.1. Überfluteter Zustand.....	64
4.2.2. Nicht überfluteter Zustand.....	68
4.3. Vergleich mit Literaturergebnissen	70

4.3.1.	Naturumlaufverdampfung im Vakuum	70
4.3.2.	Einsatz der Drahtgestrickeinbauten in Naturumlaufverdampfern.....	72
4.4.	Charakteristika von Naturumlaufverdampfern.....	74
4.4.1.	Umlaufzahl.....	74
4.4.2.	Hysterese-Effekt.....	78
4.4.3.	Instabilitätsphänomene.....	79
5.	Simulation	84
5.1.	Simulationsaufbau.....	84
5.2.	Vergleich zwischen Simulation und Experiment.....	87
5.2.1.	Wasser.....	88
5.2.2.	Wasser-Glycerin Gemisch	98
5.3.	Instabilitätsanalyse anhand der Simulation.....	103
6.	Zusammenfassung.....	106
7.	Ausblick.....	109
	Literaturverzeichnis.....	110
	Abbildungsverzeichnis.....	118
	Tabellenverzeichnis.....	122
	Anhang	123
A.1	Stoffdaten	123
A.1.1	Stoffdatenberechnung von Reinstoffen.....	123
A.1.2	Stoffdatenberechnung von Gemischen	127
A.2	Ergänzende Abbildungen	130
A.3	Ergänzende Tabellen.....	135
	Lebenslauf.....	137