

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Nomenklatur	IX
1 Einleitung	1
2 Versuchsanlage und Datenerfassung	3
2.1 Versuchsanlage	3
2.1.1 Umwälzpumpe	5
2.1.2 Thermostate	5
2.1.3 Vorverdampfer	5
2.1.4 Messstrecke	6
2.1.5 Kältemittel	8
2.2 Messtechnik und Datenerfassung	9
2.2.1 Temperaturmessung	9
2.2.2 Absolut- und Differenzdruckmessung	9
2.2.3 Massenstrommessung	10
2.2.4 Messung des zugeführten Wärmestroms	10
2.2.5 Messung der Strömungsform	10
2.3 Berechnungsgrundlagen	14
2.4 Versuchsparameter	17
2.5 Versuchsdurchführung	17
3 Wärmeübergang und Druckverlust	19
3.1 Einfluss der Sättigungstemperatur	19
3.2 Einfluss der Massenstromdichte	21
3.3 Einfluss des Dampfgehalts	24
3.4 Einfluss des Kältemittels	27
3.5 Vergleich der Messwerte mit Korrelationen aus der Literatur	29

3.5.1	Korrelationen für den Wärmeübergang	29
3.5.1.1	Korrelation von Shah	30
3.5.1.2	Korrelation von Liu und Winterton	33
3.5.1.3	Korrelation von Yun, Kim, Seo und Kim	37
3.5.1.4	Korrelation von Cavallini et al.	38
3.5.1.5	Korrelation von Chamra und Mago	42
3.5.1.6	Korrelation von Kattan, Thome und Favrat	45
3.5.1.7	Korrelation von Zhang, Ji und Yuan	47
3.5.2	Korrelationen für den Druckverlust	49
3.5.2.1	Korrelation von Pierre	49
3.5.2.2	Korrelation von Choi et al.	52
3.5.2.3	Korrelation von Kuo und Wang	54
3.5.2.4	Korrelation aus dem VDI-Wärmeatlas	55
3.5.2.5	Korrelation von Müller-Steinhagen und Heck	59
3.6	Neue Korrelationen für Wärmeübergang und Druckverlust	62
3.6.1	Wärmeübergang	62
3.6.1.1	Diskussion	71
3.6.1.2	Vergleich mit Werten aus der Literatur	72
3.6.2	Druckverlust	75
3.6.2.1	Diskussion	77
3.6.2.2	Vergleich mit Werten aus der Literatur	78
4	Strömungsformen	81
4.1	Neue Strömungsformkarte für innenstrukturierte Rohre	82
4.2	Grenzkurven der Strömungsformkarte für innenstrukturierte Rohre	86
4.2.1	Übergang von Schichtenströmung zu Wellenströmung	86
4.2.2	Übergang von Schwallströmung zu Wellenströmung	87
4.2.3	Übergang von Wellenströmung zu Helixströmung	89
4.2.4	Übergang von Schwall-Helix-Strömung zu Helixströmung	90
4.2.5	Übergang von Helixströmung zu Ringströmung	91
4.3	Erstellung der neuen Strömungsformkarte für innenstrukturierte Rohre	91
5	Zusammenfassung	93
5.1	Wärmeübergang	93

5.2	Druckverlust	94
5.3	Strömungsformen	95
5.4	Anwendbarkeit der neuen Korrelationen und der neuen Strömungsform- karte bei anderen Rohrgeometrien und Kältemitteln	95
Literaturverzeichnis		97
A Fehlerbetrachtung		102
B Explizite Darstellung der impliziten Colebrook-White-Gleichung		108
C Vergleich der Messwerte mit Korrelationen aus der Literatur für R410A		115
C.1	Wärmeübergangskoeffizient	116
C.2	Druckverlust	126