

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Zielsetzung, Berechnungs- und Versuchsprogramm	3
2 Theorie und Stand des Wissens	5
2.1 Druckverlust	5
2.1.1 Druckverlust in Rohrbündelwärmeübertragern	5
2.1.2 Druckverlust im parallel durchströmten Bereich	6
2.2 Wärmeübergang	9
2.2.1 Wärmeübergang in Rohrbündelwärmeübertragern	10
2.2.2 Meßergebnisse in Rohrbündelwärmeübertragern	13
2.2.3 Wärmeübergang im parallel durchströmten Bereich	17
3 Nusselt-Graetz Problem	24
3.1 Geometrie und Grundgleichungen	24
3.2 Gitternetz	26
3.3 Finites Differenzenverfahren	29
3.4 Berechnung der Druckverlustbeiwerte	31
3.5 Berechnung der Nusselt-Zahlen	32
4 Ergebnisse des finiten Differenzenverfahrens	35
4.1 Druckverlust	35
4.1.1 Geschwindigkeitsverteilung	35
4.1.2 Druckverlustbeiwert $\xi \cdot Re$	37
4.1.3 Reibungsbeiwert an den Rohrwänden $(\zeta \cdot Re)_R$	42
4.2 Wärmeübergang	44
4.2.1 Temperaturverteilung	44
4.2.2 Wärmeübergang in Bündelgeometrien	47
4.2.3 Thermisch ausgebildete Strömung	48

4.2.4	Wärmeübergang im thermischen Anlauf	52
4.2.5	Korrelation	57
5	Experimenteller Teil	59
5.1	Beschreibung der Versuchsanlage	59
5.2	Versuchswärmeübertrager	60
5.3	Druck- und Temperaturmessungen	65
5.4	Messung des Volumenstroms	68
5.5	Versuchsdurchführung	68
5.6	Meßprinzip und Auswertung	69
5.7	Fehlerabschätzung	72
6	Meßergebnisse und Diskussion	74
6.1	Ergebnisse der Druckverlustmessungen	74
6.1.1	Druckverlustverteilung	74
6.1.2	Druckverlustbeiwert im parallel durchströmten Bereich	75
6.1.3	Druckverlustbeiwert im Stutzenbereich	79
6.1.4	Berechnung des gesamten Druckverlustes	83
6.2	Ergebnisse der Wärmeübergangsmessungen	86
6.2.1	Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten α_R im Rohr	86
6.2.2	Einfluß des Wärmeübergangs im Stutzenbereich der Doppelrohrwärmeübertrager	88
6.2.3	Einfluß der Stutzenanordnung und der Stutzenform . .	91
6.2.4	Einfluß des Wärmeübergangs im Stutzenbereich der Rohrbündelwärmeübertrager	93
6.2.5	Einfluß der Apparatelänge	95
6.2.6	Einfluß des Rohrabstandes	99
6.2.7	Vergleich mit den bekannten Korrelationen	101
6.2.8	Einfluß des Rohrdurchmessers	103
6.2.9	Korrelation zur Beschreibung des Wärmeübergangs in Rohrbündelwärmeübertragern	107

7 Zusammenfassung	112
7.1 Laminare Strömung	112
7.1.1 Druckverlust	112
7.1.2 Wärmeübergang	113
7.2 Turbulente Strömung	114
7.2.1 Druckverlust	114
7.2.2 Wärmeübergang	115
A Modellentwicklung	118
A.1 Querschnittsgeometrie	118
A.2 Entwicklung des Modellsystems	120
A.3 Thermisch ausgebildete Strömung	124
A.4 Thermischer Anlauf	127
A.4.1 Wärmeübergang im thermischen Anlauf beider Bündel .	127
A.4.2 Wärmeübergang im thermischen Anlauf eines Bündels .	129
A.5 Korrelation für heterogene Systeme	130
B Berechnungsergebnisse	132
C Experimenteller Teil	139
C.1 Stoffwerte von Wasser	139
C.2 Geometrie der Rohrbündelwärmeübertrager	140
D Meßergebnisse	142
D.1 Korrektur des Druckverlustes	142
D.2 Vergleich mit der Korrelation nach Rehme	143
D.3 Meßwerttabellen der Druckverlustmessungen	144
D.3.1 Druckverluste der Apparate mit 8 Meßstellen	145
D.3.2 Druckverluste der Apparate mit 2 Meßstellen	147
D.4 Wärmeübergangsmessungen	149
D.4.1 Diagramme	149
D.4.2 Tabellen	152
Literatur	172