

Dipl.-Ing. Thomas Aicher, Karlsruhe

**Zur überlagerten freien
und erzwungenen Konvektion
in lotrechten Rohrbündel-
wärmeübertragern**

Reihe **19**: Wärmetechnik/
Kältetechnik

Nr. **100**

Symbolverzeichnis	VIII
I. Lateinische Buchstaben.....	VIII
II. Griechische Buchstaben.....	IX
III. Indizes	X
1. Einleitung und Zielsetzung	1
2. Wärmeübergang und Druckverlust bei turbulenter Strömung in lotrechten Einzelrohren	4
2.1 Wärmeübergang und Druckverlust bei erzwungener Rohrströmung.....	6
2.2 Wärmeübergang und Druckverlust bei freier Rohrströmung	10
2.3 Wärmeübergang und Druckverlust bei überlagerter Konvektion in Rohren	12
3. Theoretische Betrachtung der überlagerten Konvektion in lotrechten Rohrbündelwärmeübertragern	22
3.1 Theoretische Betrachtung der Stabilität der entgegengerichtet überlagerten Konvektion in lotrechten Rohrbündelwärmeübertragern	23
3.1.1 Ableitung der Stabilitätsbedingung.....	23
3.1.2 Berechnung der mittleren Rohrtemperaturen	27
3.2 Theoretische Betrachtung des Wärmeübergangs und des Druckverlustes bei entgegengerichtet überlagerter Konvektion	33
3.2.1 Darstellung des untersuchten Systems und der verwendeten Größen	33
3.2.2 Ableitung der Berechnungsgleichungen und Lösung des Gleichungssystems	36
4. Experimenteller Teil	43
4.1 Beschreibung der Versuchsanlage.....	43

4.2 Versuchswärmeübertrager	47
4.3 Versuchsdurchführung	48
5. Auswertung und Fehlerbetrachtung	49
5.1 Auswertung der Wärmeübergangsmessungen	52
5.1.1 Wärmeübergang auf der Mantelseite	53
5.1.2 Wärmeübergang auf der Rohrseite	56
5.2 Auswertung der Druckverlustmessungen.....	57
5.3 Fehlerbetrachtung.....	60
6. Darstellung und Diskussion der experimentellen und theoretischen Ergebnisse.....	62
6.1 Gleichgerichtet überlagerte Konvektion in lotrechten Rohrbündeln	63
6.2 Entgegengerichtet überlagerte Konvektion in lotrechten Rohrbün- deln	64
6.2.1 Ergebnisse der Stabilitätsbetrachtung.....	65
6.2.1.1 Variation der mantelseitigen Strömungsgeschwindigkeit.....	68
6.2.1.2 Variation der Prandtlzahl des Fluids in den Rohren.....	69
6.2.1.3 Variation des $(L/d)_R$ -Verhältnisses.....	71
6.2.1.4 Variation des Verhältnisses von hydraulischem Durchmes- ser zu Außendurchmesser	72
6.2.2 Wärmeübergang und Druckverlust in einem Rohrbündel mit Rückströmung.....	72
6.2.2.1 Konstante Wandtemperatur	76
6.2.2.2 Ähnliche Kapazitätsstromverhältnisse.....	80
6.3 Diskussion der Einflußgrößen.....	84
6.3.1 Gleichgerichtet überlagerte Konvektion.....	85
6.3.2 Entgegengerichtet überlagerte Konvektion.....	87
7. Zusammenfassung	92

8. Anhang	95
8.1 Meßwerte	95
8.1.1 Isothermer Stutzendruckverlust	95
8.1.1.1 Apparat A050	95
8.1.1.2 Apparat E100	98
8.1.2 Mantelseitiger Wärmeübergang	100
8.1.2.1 Apparat A050	100
8.1.2.2 Apparat E100 ohne Umlenkmale	102
8.1.2.3 Apparat E100 mit Umlenkmale	104
8.1.3 Rohrseitiger Wärmeübergang—konstante Wandtemperatur	105
8.1.3.1 Apparat A050	105
8.1.3.2 Apparat E100 ohne Umlenkmale	109
8.1.4 Rohrseitiger Wärmeübergang—ähnliche Kapazitätsströme	111
8.1.4.1 Apparat E100 mit Umlenkmale	111
8.2 Stoffdaten	113
8.3 Fehlerbetrachtung	115
9. Literaturverzeichnis	118
9.1 Arbeiten zu allgemeinen Problemen der Wärmeübertragung	118
9.2 Handbücher	119
9.3 Arbeiten zur Wärmeübertragung bei überlagerter freier und er- zwungener Konvektion in lotrechten Rohren	119
9.4 Arbeiten zur Fluidodynamik	122