

WÄRME- UND STOFFÜBERGANG BEI GEGENSTROM  
VON WASSER UND LUFT IN SENKRECHTEN  
KANÄLEN MIT GEWELLTEN OBERFLÄCHEN

Von der Fakultät Energietechnik der  
Universität Stuttgart zur Erlangung  
der Würde eines Doktor-Ingenieurs  
(Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von Hans Binder  
aus Neuhausen ob/Eck

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. E. Hahne  
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. R. Quack  
Tag der mündlichen Prüfung:

Institut für Thermodynamik und Wärme-  
technik der Universität Stuttgart

1 9 8 2

### K u r z f a s s u n g

BINDER, HANS:

#### Wärme- und Stoffübergang bei Gegenstrom von Wasser und Luft in senkrechten Kanälen mit gewellten Oberflächen.

Es wird der Wärme- und Stoffübergang zwischen Wasserrieselfilmen und Luft in zwei Kanälen unterschiedlicher Geometrie untersucht. Kanal V1 wird durch gleichsinnig und Kanal V2 durch gegensinnig gewellte Asbestzementplatten mit Abständen von 15 bis 60 mm gebildet.

In Ihrem Leistungsverhalten, dargestellt in Form von Sherwood-Beziehungen, sind beide Kanäle einem Kanal mit ebenen Wänden überlegen, wobei für einen Kühlturmeinbau die gleichsinnige Anordnung, entsprechend Kanal V1, vorzuziehen ist. Ursache des guten Wärme- und Stoffüberganges sind Strömungsablösungen, die aber einen relativ hohen Druckverlust zur Folge haben.

Der Luftzustandsverlauf, der bei ungünstigen Betriebsbedingungen ins Nebelgebiet führen kann, wird durch ein numerisch zu lösendes Differentialgleichungssystem beschrieben.

Durch eine Fehlerbetrachtung wird nachgewiesen, daß sich Versuche zur Verdunstung von Wasser in Luft bei mäßigen Temperaturen nicht für die experimentelle Bestätigung der Analogie von Wärme- und Stoffübergang eignen. Bei praktischen Kühlturberechnungen ist der Luftzustandsverlauf mit dem theoretischen Verhältniswert zu bestimmen.

# I N H A L T

	Seite
<u>Kurzfassung</u>	3
<u>Formelzeichen</u>	6
1. <u>Einleitung</u>	10
2. <u>Problemstellung</u>	15
3. <u>Theoretische Grundlagen</u>	16
3.1 Adiabates Rieselfilmmodell	16
3.2 Zustandsgleichungen für Luft und Wasser	22
3.2.1 Zustandsgleichungen bei Verdunstung in ungesättigte Luft	24
3.2.2 Zustandsgleichungen bei Verdunstung in gesättigte Luft	27
3.3 Definition der Stoffübergangskoeffizienten	28
3.4 Verhältnis von Wärme- zu Stoffübergang	32
3.5 Wasserseitiger Wärmeübergang	37
3.6 Dimensionslose Darstellung	38
3.6.1 Wärme- und Stoffübergang	38
3.6.2 Druckverlust	39
4. <u>Theoretische Untersuchungen</u>	40
4.1 Lösung des Differentialgleichungssystemes	40
4.2 Anwendung des Lösungsverfahrens	47
5. <u>Experimentelle Untersuchungen</u>	55
5.1 Versuchsaufbau	55
5.2 Meßverfahren	61
5.2.1 Temperaturen, Wassergehalte	62
5.2.2 Luft- und Wassermassenströme	64
5.2.3 Drücke	65

	Seite
5.3 Versuchsdurchführung	65
5.4 Versuchsauswertung	67
5.5 Berechnung der dimensionslosen Kennzahlen	73
5.6 Fehlerbetrachtung	80
<u>6. Versuchsergebnisse</u>	86
6.1 Wärmeübergang	87
6.2 Stoffübergang	92
6.3 Verhältnis von Wärme- zu Stoffübergang	101
6.4 Druckverlust	103
<u>7. Diskussion der Versuchsergebnisse</u>	109
7.1 Vergleich mit bekannten Ergebnissen	109
7.2 Übertragungsverhalten	115
7.3 Verhältnis von Wärme- zu Stoffübergang	122
7.4 Übersättigung	123
7.5 Folgerungen für die Praxis	124
<u>8. Zusammenfassung</u>	128
<u>9. Schrifttum</u>	130
<u>10. Anhang</u>	145