

DKV-Forschungsbericht Nr. 6

Hans Binder

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

1982

978-3-922429-05-0



Kurzfassung

Es wurde der Wärme- und Stoffübergang zwischen Rieselfilmen, die an senkrechten, gewellten Asbestzement-Platten ablaufen, und entgegenströmender Luft in zwei Kanälen unterschiedlicher Geometrie untersucht.

Bei Kanal V1 standen sich die Platten gleichsinnig gewellt gegenüber und bildeten einen Spalt mit konstantem Strömungsquerschnitt. Für Kanal V2 wurde eine Platte um eine halbe Wellenlänge versetzt. Durch die gegensinnige Anordnung der Wellen ergab sich ein Kanal mit veränderlichem Strömungsquerschnitt. Die Plattenabstände betrugen jeweils 15, 25, 35 und 60 mm.

Für die Berechnung des Luftzustandsverlaufes bei der adiabaten Verdunstung wurde ein Differentialgleichungssystem aufgestellt und zwar mit der Koordinate in Richtung der Luftströmung als unabhängiger Variabler. Zur Lösung des Differentialgleichungssystems fand ein numerisches Integrationsverfahren mit einem überlagerten Verfahren der nichtlinearen Regression Anwendung. Durch diese Methode war es möglich, die mittleren Wärme- und Stoffübergangskoeffizienten aus den Messdaten getrennt zu berechnen.

Wie durch eine Fehlerbetrachtung nachgewiesen werden konnte, eignen sich Kühlturmversuche oder andere ähnliche Versuche zur Verdunstung von Wasser in Luft bei mäßigen Temperaturen nicht, um den nach der Analogie zwischen Wärme- und Stoffübergang zu erwartenden theoretischen Verhältniswert eindeutig zu bestätigen. Da er aber etwa in der Mitte des Streubereiches der von vielen Autoren experimentell ermittelten Verhältniswerte liegt, ist seine Anwendung gerechtfertigt und für die Auswertung von Kühlturmversuchen zu empfehlen.

Die Darstellung des Wärme- und Stoffübergangs erfolgte, für jede Kanalversion und jeden Plattenabstand getrennt, mit Nußelt- und Sherwood-Beziehungen in der üblichen dimensionslosen Form. Eine Lauflängeabhängigkeit war nicht festzustellen.

Der Plattenabstand hatte einen starken Einfluß auf den Zusammenhang zwischen Nußelt- bzw. Sherwood- und Reynolds-Zahl. Dieser Einfluß, der mit einfachen Ansätzen nicht zu beschreiben war, wurde durch die an den trockenen Kanälen durchgeführten Druckverlustmessungen bestätigt. Er kann auf die besonderen Strömungsstrukturen zurückgeführt werden, die sich beim Plattenabstand von 15 mm grundsätzlich von den bei den größeren Plattenabständen beobachteten unterscheiden.

Für den Bereich der Plattenabstände von 25 bis 60 mm wurden jeweils für eine Kanalversion Sherwood- und Widerstandszahl-Beziehungen aufgestellt, die den Einfluß des Plattenabstandes berücksichtigen. Auf die Angabe entsprechender Nußelt-Beziehungen wurde verzichtet, weil die mittleren Wärmeübergangskoeffizienten nur mit einer erheblichen Unsicherheit zu bestimmen waren und stark streuten.

Die experimentellen Untersuchungen und die theoretischen Berechnungen des Luftzustandsverlaufes haben gezeigt, daß unter ungünstigen Betriebsbedingungen mit der Übersättigung der Luft innerhalb des Austauschbereiches gerechnet werden muß.

Wie der Vergleich gezeigt hat, sind Kanäle mit gewellten Wänden solchen mit ebenen Wänden bezüglich ihres Leistungsverhaltens deutlich überlegen. Die gemessenen Sherwood-Zahlen liegen bei Kanal V1 um etwa 100 - 135 % und bei Kanal V2 um etwa

40 - 50 % über denen, die man nach den in der Literatur angegebenen Beziehungen für einen Kanal mit ebenen Wänden berechnet.

Für die praktische Anwendung als Kühlturmeinbauten sind Anordnungen entsprechend Kanal V1 hinsichtlich der Raumausnutzung und dem Verhältnis von Übertragungsleistung zu Druckverlust günstiger als solche entsprechend Kanal V2.