

Diss. Nr. 4748

**Berechnung des Übertragungsverhaltens
von Wärmeaustauschern
unter Berücksichtigung der
Strömungsverhältnisse**

ABHANDLUNG
zur Erlangung der Würde
eines Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

HANS GELPKE
dipl. Masch.-Ing. ETH
geboren am 26. März 1938
von Därstetten (Kt. Bern)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. P. Profos, Referent
Prof. Dr. P. Grassmann, Korreferent

1971
aku-Fotodruck
Zürich

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Kenntnis des dynamischen Verhaltens von Wärmeaustauschern ist dann überaus wichtig, wenn diese, wie es meistens der Fall ist, Teil einer zu regelnden Anlage oder die Regelstrecke selbst bilden. In der bestehenden Literatur werden für die rechnerische Erfassung des Uebertragungsverhaltens von Wärmeaustauschern verschiedene Berechnungsverfahren vorgeschlagen. Jede Berechnung der Wärmeaustauscherdynamik setzt voraus, dass die im Wärmeaustauscher herrschenden Strömungsverhältnisse bekannt sind. In den meisten Fällen dürften jedoch diese nicht unmittelbar gegeben sein. Deshalb ist es notwendig, Annahmen bezüglich der Strömungsformen zu machen.

Fast ohne Ausnahme beruhen die bisher vorgeschlagenen Berechnungsverfahren auf der Annahme von Kolbenströmung. Bekanntlich führt die Beschreibung des Uebertragungsverhaltens eines Wärmeaustauschers, in dessen Räumen Kolbenströmung herrscht, auf ein System von partiellen Differentialgleichungen. Ihre Lösung ist im allgemeinen nicht direkt analytisch möglich und verursacht daher Schwierigkeiten. Die bisher veröffentlichten Untersuchungen sind vornehmlich diesen Schwierigkeiten gewidmet. Dabei gehen die Anstrengungen darauf aus, für die genannten partiellen Differentialgleichungen Näherungslösungen zu finden (z. B. durch Ueberführen der partiellen in gewöhnliche Differentialgleichungen mittels Diskretisation). Die darin aufgeworfenen Probleme sind dementsprechend vorwiegend mathematischer Natur, während strömungstechnische Ueberlegungen im Hintergrund bleiben oder überhaupt nicht auftauchen (vgl. Kap. 1).

Für den im wesentlichen aus zwei konzentrischen Rohren bestehenden Wärmeaustauscher ist die Annahme von Kolbenströmung sicherlich berechtigt. Solange die Anwendung der von dieser

Annahme ausgehenden Verfahren auf diesen Wärmeaustauschertyp beschränkt bleiben, liefern diese erwiesenermassen gute Ergebnisse.

Nun sind aber für viele, insbesondere industrielle Wärmeaustauschertypen (z. B. Rohrbündel-Wärmeaustauscher) Strömungsformen zu erwarten, die erheblich von der Kolbenströmungsform abweichen. Für diese technisch wichtigen Apparate empfiehlt sich die Anwendung der bis heute bekannten Verfahren im allgemeinen nicht. Da die Dynamik der Wärmeaustauscher in entscheidendem Mass von den in ihnen herrschenden Strömungsverhältnissen beeinflusst wird, muss ein adäquates Berechnungsverfahren diese gebührend berücksichtigen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, ein solches Berechnungsverfahren zu entwickeln. Die Aufgabe zerfiel dabei in zwei Teile:

Erstens war ein mathematisches Modell eines Wärmeaustauschers zu entwerfen, und zwar ein flexibles Modell, das durch entsprechende Wahl gewisser seiner Parameter an die in Wärmeaustauschern tatsächlich auftretenden Strömungsformen angepasst werden kann (vgl. Kap. 2).

Zweitens stellte sich die Frage nach einer Methode zur quantitativen Erfassung der in Wärmeaustauschern herrschenden Strömungsverhältnisse (vgl. Kap. 3).

Im Anschluss an die Lösung beider Teilaufgaben, galt es, das Berechnungsverfahren im praktischen Fall zu erproben. Dies geschah anhand zweier industrieller Rohrbündel-Wärmeaustauscher. Für beide Fälle resultierte eine gute Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Messung. Erwartungsgemäss wichen die tatsächlichen Strömungsverhältnisse der beiden Apparate zum Teil erheblich vom Idealfall der Kolbenströmung ab. Entsprechend gross fiel deshalb auch die Abweichung zwischen dem auf der Annahme von Kolbenströmung berechneten und dem gemessenen

Uebertragungsverhalten der untersuchten Rohrbündel-Wärmeaus-
tauscher aus, womit die Nützlichkeit des hier vorgeschlagenen
Berechnungsverfahrens klar aufgezeigt war (vgl. Kap. 4).