

Diss. Nr. 4285

**Pressure drop and heat transfer
in the two-phase flow of Freon-12**

DISSERTATION

submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of Doctor of Technical Sciences

Presented by

JOSÉ RICARDO NAPADENSKY

M. Sc. in Chem. Eng.

Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, USA

born December 8, 1936

citizen of Argentina

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. P. Grassmann

Prof. Dr. P. Profos

Juris Druck + Verlag Zurich
1969

V. ZUSAMMENFASSUNG

Im Bereich von Massenstromdichten, $G = 240$ bis 2650 kg/sec m^2 , wurde mit dem Medium "Freon-12" der Reibungsdruckabfall von Zweiphasenströmungen im senkrechten Rohr, Durchmesser $d = 23 \text{ mm}$, bei gleichgerichteter Aufwärtsströmung von Flüssigkeit und Dampf gemessen. Dabei variieren die Wärmestromdichte zwischen 0 und 9.3 W/cm^2 , der Dampfanteil am Teststreckeneintritt zwischen 0.03 und 0.75 , das Druckverhältnis $p/p_{kr} =$ zwischen 0.18 und 0.4 .

Reibungsdruckabfall bei $q = 0$:

Die Versuche ergaben eine deutliche Abhängigkeit der Druckabfallwerte von den beobachteten Strömungsbildern. Die Messergebnisse liessen sich mit Hilfe der Berechnungsmethode von Lockhart-Martinelli nur unbefriedigend wiedergeben. Aus dieser Tatsache kann gefolgert werden, dass die von Lockhart-Martinelli vorgenommene Einteilung zweiphasiger Strömungen in die vier bekannten Typen viscous-viscous, viscous-turbulent, turbulent-viscous und turbulent-turbulent nicht ausreicht, den Druckverlust von Zweiphasenströmungen in senkrechten Röhren einigermaßen genau wiederzugeben, da sie den Einfluss der unterschiedlichen Strömungsbilder auf die Grösse des Druckverlustes nicht berücksichtigt.

Im Bereich der Ringströmung liess sich das Lockhart-Martinelli-Modell dadurch auf die Zweiphasenströmung in senkrechten Röhren anwenden, indem der X_{tt} -Parameter durch die Froude-Zahl modifiziert wurde. Dadurch konnte eine gute Uebereinstimmung der berechneten mit den gemessenen Druckverlustwerten erzielt werden.

Reibungsdruckabfall bei $q \neq 0$

Die Ergebnisse der Druckverlustmessungen bei Wärmezufuhr wurden durch eine empirische Gleichung korreliert. Mit dieser kann im untersuchten Bereich der Reibungsdruckabfall in Abhängigkeit von der Wärmestromdichte und dem mit der Froude-Zahl modifizierten Lockhart-Martinelli-Parameter $\pm 15\%$ genau berechnet werden.

Wärmeübergang

Die maximale zugeführte Wärmemenge zur Teststrecke war 9.3 W/cm^2 . Die Messergebnisse haben eine bedeutende Streuung gezeigt, wenn der Wärmeübergangs-

Koeffizient der Zweiphasenströmung korreliert wurde mit dem Kehrwert des X_{tt} - Parameters von Lockhart-Martinelli. Die Messpunkte wurden korreliert nach der von Lavin und Young vorgeschlagenen Methode ; die Streuung wurde beträchtlich kleiner. Davon werden Gleichungen gegeben, die die Messergebnisse für den Bereich dieser Arbeit darstellen.