



Verschiedene Strömungsarten

Ein Kunde schreibt: In der Theorie geht ein Plattenwärmetauscher für flüssige Medien bei sinkendem Massenstrom in den laminaren Bereich über und die Leistung fällt plötzlich markant ab. In der Praxis sind diesbezüglich aber keine Probleme bekannt, wieso dem so ist, konnte mir aber noch nie jemand schlüssig erklären.

Meine Antwort: Mir sind noch Laborversuche an der FH in Winterthur von 1970 in bester Erinnerung geblieben, wo in einem mit Wasser durchströmten Rohr die Geschwindigkeit solange gesenkt wurde, bis sich eine laminare Strömung einstellte.

Dabei zeigte sich eine Hysterese, was heisst, dass der Kippunkt von turbulent zu laminar bei kleinerer Geschwindigkeit erfolgte, als von laminar zu turbulent, also mit steigender Geschwindigkeit. Das war die eine Erkenntnis.

Die andere Erkenntnis war, dass man für eine laminare Strömung ein sehr langes Rohr ($L/D > 100$) ohne jegliche störenden Einflüsse wie Umlenkungen, Verengungen, Erweiterungen, etc. benötigte.

Nun sind jedoch beim Plattenwärmetauscher für Flüssigkeiten durch die Struktur störende Einflüsse in kürzester Distanz gegeben, welche eine laminare Strömung verunmöglichen. Auch wenn sich rechnerisch ein Reynolds unter 2'320 einstellt, wird sich niemals eine laminare Strömung ausbilden können. Das ist auch der Grund, dass man k-Werte bis zu 6'000 W/m²K erreicht, also das 3-fache wie bei Rohrbündelwärmetauschern.

Dasselbe gilt für lamellierte Wärmetauscher für Flüssigkeiten in den Rohren. Dort sind die störenden Einflüsse die Umlenkungen, welche Turbulenzen auslösen. Man muss deshalb nicht hohe Druckverluste projektieren, um laminare Strömungen mit grossem Leistungsabfall im Teillastbereich zu vermeiden, was durch viele Labortests beim TUEV Süd in München nachgewiesen wurde.

Im Bild rechts sind Wärmeübergangszahlen für Wasser von 20 °C für einen Rohrinne Durchmesser von 10 mm abgebildet.

- Nach Nusselt-Gleichungen im Laminar-Bereich
- Nach Nusselt-Gleichungen im Übergangsbereich
- Nach Nusselt-Gleichungen im Turbulenz-Bereich

Zugewiesen wird immer der Maximalwert, also in diesem Beispiel bis Reynolds $< 1'500$ die Wärmeübergangszahl nach Nusselt im Übergangsbereich und bei Reynolds $> 1'500$ die Wärmeübergangszahl nach Nusselt im Turbulenz-Bereich, was sich bei Labortests beim TUEV Süd in München bestätigt hat.

Worauf man jedoch unbedingt achten sollte, ist eine gleichmässige Verteilung der Flüssigkeit auf die Rohre, welche man dadurch erreicht, indem der Druckverlust in den Rohren 5 Mal höher sein muss als in den Kollektoren. Es soll jedoch auch Hersteller von lamellierten Wärmetauschern geben, welche dieses Druckverhältnis Rohre zu Kollektoren nicht berechnen und deshalb auch nicht ausweisen können.

