

DKV-Forschungsbericht Nr. 80

Daniel Winkelmann

Condensation of Pure Refrigerants and Their
Zeotropic Mixtures in Plate Heat Exchangers

2010

978-3-932715-83-9



Kurzfassung

Um Plattenwärmeübertrager auch für die Kondensation von Gemischen einsetzen zu können, bedarf es geeigneter Auslegungsmethoden. Ziel dieser Arbeit ist es hierzu einen Beitrag zu leisten, indem durch aufeinander aufbauende Untersuchungen der Einphasenströmung, der adiabaten Zweiphasenströmung, der Kondensation reiner Stoffe, und schließlich der Kondensation binärer zeotroper Gemische, eine bessere Beschreibung des Wärmeübergangs und des Druckverlustverhaltens erreicht wird. Anders als sonst üblich, werden hier für ein und dieselbe Geometrie alle diese zunehmend komplexeren Prozesse untersucht, so dass Analogiekonzepte bei der Modellbildung ausgenutzt werden können.

Für die Einphasenströmung werden für einen großen Reynolds-Zahlenbereich Korrelationen für den Reibungsfaktor nach Fanning und für die Nusselt-Zahl bestimmt. Für die adiabate Zweiphasenströmung von Luft und Wasser wird eine Strömungsformenkarte vorgestellt. Außerdem wird der Druckverlust unter Einbeziehung der Ergebnisse der Einphasenströmung korreliert. Das zugrunde gelegte Modell ist kohärent mit den beobachteten Strömungsformen und liefert gute Übereinstimmung mit den Messungen. Für die Kondensationsversuche mit Kältemitteln wurde ein Testwärmeübertrager entwickelt, um für fünf Zonen des gewellten Kanals Wärmeübergangskoeffizienten und Dampfgehalt zu bestimmen. Mit Hilfe der Randelemente-Methode wird das inverse Wärmeleitproblem in der Wand gelöst und so die Temperatur und die Wärmestromdichte an der gewellten Plattenoberfläche berechnet. Dieses Messverfahren unterscheidet sich grundlegend von bisherigen Ansätzen zur Bestimmung von lokalen Werten, bei denen Thermoelemente auf der Kühlfläche angebracht waren.

Für die Kondensation von R134a ist die Abhängigkeit der Nusselt-Zahl vom Dampfgehalt größer als bisher beobachtet. Es werden Korrelationen für zonenbezogene und mittlere Werte aufgestellt. Der Wärmeübergang ist im Mittel um einen Faktor 2,5 besser als für vertikale Rohre. Der Druckverlust von kondensierendem R134a kann mit Hilfe der Korrelationen, die für adiabate Strömung aufgestellt wurden, auf $\pm 25\%$ vorhergesagt werden.

Zwar sind Wärmeübergangskoeffizienten für die Kondensation des zeotropen Gemisches R134a/R123 kleiner als für reines R134a, wobei der Unterschied mit fortschreitender Kondensation abnimmt und bei einem geringerem Anteil von R123 im Dampf kleiner ist, aber auch für zeotrope Gemische ist der Wärmeübergang besser als im vertikalen Rohr.