

Wärmeübergang bei Tropfenkondensation – messtechnische Aspekte der Bewertung funktionalisierter Oberflächen

Jakob Sablowski, Roy Schwurack, Gregor Hegeholz, Simon Unz, Michael Beckmann, Technische Universität Dresden/Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik, Deutschland

Durch Modifikation des Benetzungsverhaltens kann der Wärmeübergang bei der Kondensation um ein Vielfaches gesteigert werden. Der experimentelle Nachweis dieses Phänomens birgt jedoch besondere messtechnische Herausforderungen. Am Beispiel der Inbetriebnahme einer Versuchsanlage werden geeignete Messprinzipien zur Bewertung der Tropfenkondensation dargestellt und die wesentlichen Einflüsse auf das Messergebnis identifiziert. Aufbauend auf diese Betrachtungen erfolgt die Verarbeitung, Analyse und Visualisierung der Messdaten unter der Prämisse einer bestmöglichen Reproduzierbarkeit.

Wärmestromdichte und Wandunterkühlung

Neben dem viel diskutierten Einfluss von nicht-kondensierbaren Gasen spielt die exakte Bestimmung der Wärmestromdichte und der Wandunterkühlung die zentrale Rolle für die Bewertung des Wärmeübergangs bei Tropfenkondensation. Durch numerische Modellierung des Temperaturfeldes, Messunsicherheitsbetrachtungen und Sensitivitätsanalysen erfolgt eine Qualifizierung des Messsystems. Weiterhin werden die Möglichkeiten und Grenzen einer zusätzlichen optischen Erfassung des Kondensationsvorgangs mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera diskutiert.

Reproduzierbare Messdatenanalyse

Die Verarbeitung der Messdaten umfasst statistische Berechnungen, die Bildverarbeitung und -analyse, die Berechnung von Stoffwerten, die „Fehlerfortpflanzung“ und die Visualisierung der Ergebnisse. Hierfür werden, im Sinne einer hohen Reproduzierbarkeit, Werkzeuge aus dem Bereich der freien Software eingesetzt. Ein entsprechender Workflow unter Nutzung der Programmiersprache *Python* wird beispielhaft vorgestellt.

Im Ergebnis zeigen die Untersuchungen, dass für eine belastbare Bewertung von Oberflächen für die Tropfenkondensation jeweils ein direkter Vergleich mit Referenzproben notwendig ist. Das hier vorgestellte Messsystem ermöglicht dies für Wärmestromdichten bis 60 kW/m^2 mit einer Standardmessunsicherheit kleiner als $0,5 \text{ kW/m}^2$. Die Standardmessunsicherheit für die Wandunterkühlung beträgt dabei weniger als $0,3 \text{ K}$.