

DKV-Forschungsbericht Nr. 1

Robert Fauth

Wärme- und Stoffaustausch in Regenerativ-Wärmeaustauschern mit rotierenden nicht absorbierenden Speichermassen

1979

978-3-922429-00-5



Kurzfassung

Für die Simulation des Wärme- und Stoffaustausches in Regenerativ-Wärmeaustauschern mit rotierender Speichermasse wurde ein mathematisches Modell entwickelt. Das aus Massen- und Energiebilanzen hergeleitete Differentialgleichungssystem beschreibt die Zustandsänderungen der miteinander in Wärme- und Stoffaustausch tretenden Gas-Dampf-Gemischströme sowie das Temperaturfeld und die Kondensatbeladung der Speichermasse des Wärmeaustauschers.

Als Lösungsverfahren für das Gleichungssystem wurde das Verfahren der zentralen Differenzen gewählt. Zur Berechnung fehlender, für die Anwendung des Differenzenverfahrens benötigter Anfangs- und Randbedingungen wird das Gleichungssystem auf den Rändern nach dem Runge-Kutta-Verfahren integriert. Die Lösung hat wegen nichtlinearer Zusammenhänge iterativ zu erfolgen. Zur Anwendung kommt das Verfahren der Newton-Iteration.

Für die Berechnung des Wärme- und Stoffaustausches wurden die Temperaturabhängigkeit der Stoffwerte der Gemischströme sowie örtliche Übergangskoeffizienten berücksichtigt.

Zum Nachweis der Zuverlässigkeit des mathematischen Modells wurden mit dem Arbeitsmedium feuchte Luft an einer dafür entwickelten Versuchsanlage Messungen zum Wärme- und Stoffaustausch in Regenerativ-Wärmeaustauschern durchgeführt. Die Versuchsanlage erlaubte eine Variation der Betriebsbedingungen in einem weiten Bereich. Die Korrelation von Versuchs- und Rechenergebnissen ergibt, daß die Versuchsergebnisse durch die Rechnung innerhalb einer für Wärme- und Stoffaustauschprobleme üblichen Genauigkeitsgrenze wiedergegeben werden.

In einer bereits angelegten Parameterstudie für das Arbeitsmedium feuchte Luft wurden die Einflüsse der Betriebsbedingungen auf das Übertragungsverhalten von Regenerativ-Wärmeaustauschern mit rotierender Speichermasse untersucht. Die Ergebnisse zeigen, daß auch durch große Kondensatmengen auf der Speichermasse das Temperaturübertragungsverhalten des Wärmeaustauschers nur in Grenzen beeinflußt wird, während der Stoffaustausch in sehr starkem Maße von den Temperaturen und Feuchtegehalten der Gas-Dampf-Gemischströme abhängig ist.

Die als Demonstration eines Anwendungsfalles für das mathematische Modell gedachte Parameterstudie mit dem Arbeitsmedium Rauchgas bestätigt die für das Arbeitsmedium feuchte Luft erhaltenen Ergebnisse.

Für die Auslegungsrechnung eines Regenerativ-Wärmeaustauschers hinsichtlich der Temperaturübertragung erscheint angesichts des geringen Einflusses des Stoffaustausches eine

Beschränkung auf die Berechnung des Wärmeaustausches allein zulässig. Der Aufwand an Rechenzeit reduziert sich, da das Gleichungssystem nicht mehr iterativ gelöst werden muß, dabei um bis zu 50 %.

Dagegen ist eine Berechnung des gleichzeitigen Wärme- und Stoffaustausches dann unumgänglich, wenn entsprechend dem Einsatzgebiet des Regenerativ-Wärmeaustauschers dem Stoffaustausch eine besondere Bedeutung zukommt. Das trifft beispielsweise dann zu, wenn, wie in der Trocknungstechnik, zwischen den Gemischströmen zwar Wärme, aber nach Möglichkeit kein Stoff übertragen werden soll, oder wenn bei Gas-Dampf-Gemischen mit Dampfkomponenten, die zu aggressivem Kondensat führen, aus Korrosionsgründen die Stoffübertragung vermieden werden muß.