

Simulation und Modellierung des Mischverhaltens von Taylor-Couette-Reaktoren

von Thorsten Grebe

Taylor-Couette-Reaktoren (TCRs) bestehen in ihrer Grundform aus zwei konzentrisch angeordneten, relativ zueinander rotierenden Zylindern. Nach Überschreiten einer kritischen Drehzahl tritt eine sekundäre Wirbelströmung mit achsensymmetrischen, torusförmigen, sich entgegengesetzt drehenden Wirbeln auf. TCRs werden oft als Alternative zu konventionellen Reaktorbauformen vorgeschlagen, finden aber nur wenig Anwendung, da sie in vielen Punkten noch unverstanden sind.

In der vorliegenden Arbeit wird die Richtungsabhängigkeit des Mischverhaltens in TCRs eingehend untersucht. Dazu werden numerische Tracerexperimente durchgeführt, wobei die kontinuumsmechanischen Bilanzgleichungen für Impuls, Masse und Spezies gelöst werden. Zur Analyse dienen hier die Mischintensität und das Potenzial für diffusives Mischen. Es zeigt sich, dass die Geschwindigkeit des Mischprozesses stark richtungsabhängig ist. Zusätzlich wird ein sehr langsamer Transport zwischen Wirbelkern und -hülle beobachtet. Beim Vorliegen von Taylor-Wirbeln kann der Mischprozess mit steigender Drehgeschwindigkeit je nach gewählter Anfangstracerkonfiguration schneller oder auch langsamer werden.

Um die Vermischung innerhalb der Wirbel zu verbessern, wird die Drehgeschwindigkeit des Innenzylinders sinusförmig moduliert. Es wird gezeigt, dass so die erreichbare Mischintensität gesteigert werden kann. Von grosser Wichtigkeit ist dabei, dass der Stofftransport zwischen Wirbelkern und -schale deutlich beschleunigt wird, wobei der Transport in axialer Richtung nur geringfügig zunimmt.

Das Mischverhalten eines gesamten TCRs kann aufgrund der Mehrskaligkeit der ablaufenden Prozesse nur mit hohem Aufwand numerisch simuliert werden. Aus diesem Grund ist ein vereinfachendes Modell reduzierter Dimensionalität entwickelt worden. Die Parameteranpassung erfolgt anhand der hoch aufgelösten Daten aus den zuvor durchgeföhrten Simulationen. Durch einen Vergleich von Modell und Simulation wird gezeigt, dass das in dieser Arbeit neu entwickelte Modell in der Lage ist, den Stofftransport in TCRs gut zu beschreiben.