

Entwicklung und Anwendung eines neuen Validierungskonzeptes für die Simulation von Schmelzprozessen

Moritz Faden, Andreas König-Haagen, Dieter Brüggemann

*Universität Bayreuth, Zentrum für Energietechnik (ZET), Lehrstuhl für Technische
Thermodynamik und Transportprozesse (LTTT), Bayreuth, Deutschland*

Latente thermische Energiespeicher stellen eine attraktive Möglichkeit dar, thermische Energie mit geringer Temperaturspreizung und hohen Energiedichten zu speichern. Mögliche Einsatzgebiete solcher Speicher sind z. B. die Abwärmenutzung in wärmeintensiven Industrieanlagen, Pufferspeicher in Häusern und zukünftig Carnot-Batterien als Strom-Wärme-Strom-Speicher.

Bei der Auslegung latenter thermischer Energiespeicher gewinnen numerische Methoden zunehmend an Bedeutung, weil sie deutlich kostengünstiger sind als aufwändige Experimente. Allerdings besteht derzeit noch ein erhebliches Defizit in der akkuraten Vorhersage der dort ablaufenden Schmelzprozesse. Die Gründe hierfür sind Unsicherheiten in den Validierungsexperimenten sowie in den Stoffdaten und Modellparametern.

In dieser Arbeit wird daher das Aufschmelzen eines Paraffins (Oktadecan) in einem einseitig beheizten Hohlraum experimentell und numerisch untersucht. Einen entscheidenden Einfluss auf den Schmelzprozess hat die natürliche Konvektion in der flüssigen Phase. Aus diesem Grund wird das Geschwindigkeitsfeld in der flüssigen Phase mit Hilfe der Particle Image Velocimetry bestimmt und steht somit neben dem Flüssigphasenanteil als zusätzliche Validierungsgröße zu Verfügung. Bei der Simulation wird besonderes Augenmerk auf die Unsicherheit der verfügbaren Stoffdaten und deren Temperaturabhängigkeit gelegt. Eine umfassende Validierung der Modelle wird über eine Sensitivitätsanalyse erreicht, die auch die Unsicherheit der Randbedingungen des Experiments berücksichtigt. Es zeigt sich, dass bei einer heute üblichen Auswahl der Stoffdaten der Flüssigphasenanteil um bis zu 100 % variieren kann. Durch die Verwendung mittlerer temperaturabhängiger Stoffdatenfunktionen kann diese Variation deutlich verringert werden. Darüber hinaus werden so die Abweichungen zwischen Experiment und Simulation auf etwa 5 % reduziert. Diese Verbesserung spiegelt sich auch in der Übereinstimmung von gemessenem und numerisch bestimmtem Geschwindigkeitsfeld wider.