

Simulationsstrategie zur Optimierung von Sublimationskondensatoren im Gefriertrocknungsprozess

A. Rudek^{1,2}, C. Schlegel^{1,2}, P. Martin-Perez^{1,2}, G. Ruß², H. Schuchmann³

¹TREAVES GmbH, Liederbach i.Ts., Deutschland

²Hochschule Darmstadt; ³Wilhelm-Büchner-Hochschule, Darmstadt, Deutschland

Kurzbeschreibung - Die großskalige industrielle Gefriertrocknung bietet durch ihren hohen Energieaufwand großes technologisches und ökonomisches Optimierungspotential. Durch erweiterte numerische Beschreibungsmethoden von Molekül-Wand-Interaktionen in vakuumisierten Anlagenteilen wird hier das Verständnis des Sublimat-Kondensationsvorgangs beim Ausfrieren der Wasserdampfphase im Gefriertrocknungsprozess von Instant-Kaffee vorgestellt. Ziel ist es dabei, die zeit- und ortsabhängige Eisbildung auf den Funktionsflächen des Kondensators sowie den Wärmeübergangsprozess zwischen den Wasserdampfmolekülen und der Sekundärströmung im Wärmeübertrager in guter Näherung vorherzusagen und abzubilden. Im Rahmen dieser Arbeit wird das Setup sowie die numerische Bilanzierung eines grundlegenden Experiments, welches im Zuge zukünftiger Entwicklungsarbeit zur Validierung der neuen Methoden dienen wird, vorgestellt. In einem weiteren Beitrag wird ein aktueller Modellierungsansatz zur Simulation des Gefriertrocknungsprozesses verwendet.

Methoden und Ergebnisse - Die Strömungsverhältnisse in dem experimentellen Aufbau, das den Gefriertrocknungsprozess phänomenologisch im Labormaßstab abbildet, werden bei variierenden Sublimations- und Kondensationsraten und damit verbunden bei variablen Druck- und Knudsenzahl-Verhältnissen beschrieben und bilanziert. Die Grundidee des wandnahen Modellierungsansatzes ist ein Methodenwechsel von Euler bzw. Boltzmann zu Lagrange. Dies ermöglicht eine disperse Beschreibung der Interaktion zwischen Wasserdampf und Wand-Funktionsfläche bei einer simultanen, gasdynamischen Beschreibung der aus Wasserdampf und Inertgas bestehenden Molekülmischung im Fernfeld. Es werden lokale Effekte der Eis-Agglomerate auf den Phasenwechsel und deren Auswirkung auf den gesamten Strömungszustand im Aufbau diskutiert. Mit Hilfe des Experiments und dessen numerischer Simulation werden im weiteren Verlauf der Entwicklung die Grenzen der Methode sowie deren Vorteile für eine valide Verfahrensbeschreibung und Prozessoptimierung aufgezeigt.