



Entwicklung eines prädiktiven Modells zur komponentenspezifischen Staubungsneigung in binären Feststoffmischungen bei mechanischer Beanspruchung unter Berücksichtigung der gegenseitigen stofflichen Beeinflussung

Das Emissionsverhalten von Schüttgutmischungen ist durch überlagerte oder konkurrierende Mechanismen geprägt, was zu komplexen und bislang unzureichend verstandenen Wechselwirkungen führt. Zwar stehen experimentelle Prüfmethoden und zunehmend detaillierte Modellierungsansätze zur Verfügung, doch fehlen belastbare Prognosemodelle für Mischungen, selbst wenn die Einzelkomponenten hinsichtlich stofflicher und disperser Eigenschaften bereits umfassend charakterisiert sind.

Ziel des beantragten Vorhabens ist daher die Entwicklung übertragbarer Prognosefunktionen, die auf Basis bekannter Einzelstoffverhalten sowie unter Berücksichtigung stofflicher Merkmale und interpartikulärer Wechselwirkungen eine quantitative Abschätzung der Staubungsneigung binärer Mischungen ermöglichen. Die analytische Modellbildung orientiert sich an thermodynamischen Analogien, bei denen mikroskopische Unterschiede bekanntermaßen zu makroskopischen Nicht-Idealitäten führen, und überträgt diese Konzepte auf partikuläre Systeme, um Wechselwirkungen im Partikelverband formal zu erfassen und deren Einfluss auf die Staubfreisetzung mathematisch zu beschreiben.

Für die Staubfreisetzung sind grundsätzlich sowohl ein ausreichender Energieeintrag, als auch das Vorhandensein potenziell staubender Partikeln (SP) erforderlich, die entweder als kohäsig gebundene Agglomerate oder als adhäsiv an nicht staubende Partikeln (NSP) anhaftende Anlagerungen vorliegen. Die vorrangigen Freisetzungsmechanismen unterscheiden sich je nach Bindungsart und sind in Scher- bzw. Stoßprozesse zu unterteilen.

Zur Begrenzung des Komplexitätszuwachses und zur gezielten Analyse wechselseitiger Effekte werden zwei Sonderfälle unterschieden, je nachdem ob Reinstoffe und deren Mischungen überwiegend aus SP oder primär aus NSP mit definiertem SP-Anteil bestehen. Diese Differenzierung wird in der Modellbildung beibehalten, da sich Bindungsstrukturen und Freisetzungsmechanismen systematisch unterscheiden und separate Prognosefunktionen eine konsistente Bewertung ermöglichen.

Zur Validierung der Modelle wird die Staubungsneigung definierter binärer Mischungen experimentell mit einem Rotationsprüfstand untersucht, der mechanische Beanspruchungen durch periodisches Anheben und Abwerfen des Pulvers in einer rotierenden Trommel induziert. Freigesetzte Partikeln werden dabei mittels eines Luftstroms aus der Trommel transportiert, fraktionsiert abgeschieden und anschließend mittels REM-EDX analysiert, um ihren Ursprung in den Mischkomponenten zu bestimmen und die komponentenspezifische Staubungsneigung sowie Abweichungen von der ursprünglichen Mischung zu erfassen. Zusätzlich werden die interpartikulären Adhäsionskräfte zwischen den Komponenten mittels Rasterkraftmikroskopie quantitativ bestimmt. Hierzu werden Kraft-Abstandskurven zwischen präparierten Partikeln aufgenommen, um die Bindungsverhältnisse als Parameter für die Modellierung zu erfassen.