

Schriftenreihe der Verfahrenstechnik Universität Paderborn

Band 30

**Ralf Habermann**

**Untersuchungen zur Verknüpfung von  
Verweilzeit-Verteilung und Mischgüte in einem  
kontinuierlichen Pflugscharmischer**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag  
Aachen 2005

### **Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4332-1

ISSN 1435-1137

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Zusammenfassung

Es ist bekannt, dass beim kontinuierlichen Feststoffmischen die Mischgüte von der Verweilzeit-Verteilung beeinflusst wird. Inwieweit die Betriebs- und Maschinengrößen des kontinuierlichen Feststoffmischers sowie das Dosierprofil des Feedstroms Einfluss auf die Mischgüte nehmen, ist bislang ungeklärt. Daher existieren keine Modellansätze, welche die Mischgüte mit der Verweilzeit-Verteilung verknüpfen, um die erreichbare Mischgüte abzuschätzen. Erstmals werden Verweilzeit- und Mischgüte-Analysen simultan durchgeführt, um der erzielten Mischgüte ein Verweilzeit-Spektrum eindeutig zuzuordnen zu können.

In den Verweilzeit-Analysen dient als Tracer das mit Tonerruß eingefärbte Kalksteinmehl, welches als Sprungbefragung dem Mischsystem aufgegeben wird. Die Verdrängung der Hauptkomponente feines, weißes Kalksteinmehl, beschreibt die Durchströmung des Mischraums. Das Verweilzeitverhalten wird mit einer CCD-Kamera und der Grauwert-Analyse optisch detektiert.

Zur simultanen Ermittlung der Mischgüte wird ein Testgemisch aus feinem Kalksteinmehl ( $\bar{x}_{\text{dif}} = 6 \mu\text{m}$ ) und grobem, expandierbarem Polystyrol-Granulat ( $\bar{x}_{\text{dif}} = 832 \mu\text{m}$ ) verwendet. In äquidistanten Zeitintervallen werden Stichproben entnommen, analysiert und statistisch ausgewertet.

Mit Hilfe unterschiedlicher Modellansätze wird das experimentell ermittelte Verweilzeitverhalten approximiert und die Güte der Approximation bewertet. Das eindimensionale Dispersionsmodell wird mit dem Crank-Nicolson-Verfahren, einer finiten Differenzen-Methode, gelöst. Der Vorteil dieser Methode liegt in der Stabilität, die unabhängig von den örtlichen und zeitlichen Schrittweiten  $\Delta Z$  und  $\Delta \Theta$  ist. Das Verfahren versagt nur für den Fall, dass das Verhältnis von Dispersions- zu Konvektionsterm gegen Null konvergiert. Dann oszilliert die numerische Lösung um den wahren Wert. Das in MAPLE V erstellte Programm erlaubt die numerische Berechnung des normierten axialen Konzentrationsprofils  $C(Z)$  zu jedem beliebigen Zeitpunkt  $\Theta$ . In Analogie zur Regelungstechnik wird ein Ansatz zur Beschreibung des Verweilzeit-Verhaltens abgeleitet. Die Übertragungsfunktion beinhaltet ein Totzeitglied sowie die Parameter  $\omega_0$  und  $d$  für das Anlauf- bzw. Endverhalten der Verweilzeit-Verteilung. Beide Modellansätze werden experimentell verifiziert und der in der Kunststofftechnik gebräuchlichen Weibull-Verteilung gegenübergestellt.

Ein Ansatz von Danckwerts, der die Relation von Ausgangs- zu Eingangsvarianz in Abhängigkeit von der Verweilzeit-Verteilung des kontinuierlichen Mischsystems und der Autokorrelationsfunktion des Dosier-Massenstroms wiedergibt, wird modifiziert, so dass die erzielbare Endmischgüte abgeschätzt werden kann. Die Gültigkeit des Modells wird experimentell mit dem Zweikomponentensystem aus Kalksteinmehl und expandierbarem Polystyrol-Granulat überprüft. Da diese Komponentenpaarung zur Entmischung neigt, repräsentiert der Ansatz die bestmögliche, mischtechnisch erreichbare Mischgüte.

Ein Analogieansatz zur chemischen Reaktionstechnik verknüpft die Verweilzeit-Verteilung des kontinuierlichen Pflugscharmischers mit dem zeitlichen Mischgüte-Verlauf eines diskontinuierlichen. Damit läßt sich die beim kontinuierlichen Feststoffmischen erreichbare Mischgüte abschätzen. Für das Schleudermischen  $Fr_w = 7$  wird eine gute Übereinstimmung zwischen Modell und Experiment gefunden.

Das Varianzreduktions-Modell von Weinekötter wird auf das zur Segregation tendierende Testgemisch aus Kalksteinmehl und expandierbarem Polystyrol-Granulat angewandt. Es ist eine gute Vorhersage durch den Modellansatz möglich, wobei größere Abweichungen auf Entmischungen zurückzuführen sind.