

Suspendieren von Feststoffpartikeln in axialen Strahlmischern*

Imre Rácz, Piet Dees und Jan Groot Wassink**

Unter einem Strahlmischer versteht man im allgemeinen ein Mischsystem, bei dem einem Mischbehälter mit Hilfe einer Pumpe ein bestimmter Volumenstrom entnommen und durch eine Düse wieder zurückgeführt wird. Durch Impulsaustausch zwischen Strahl und Behälterinhalt wird der Behälterinhalt in Bewegung gesetzt.

Unter dem Begriff Suspendieren von Feststoffpartikeln in einer Flüssigkeit sind zwei Vorgänge voneinander abzugrenzen:

1. das Anheben der Feststoffpartikel vom Gefäßboden oder der Grenzschicht, bei dem sich gerade die gesamte feste Phase in der Schwebelage befindet; dieser Zustand wird auch der Beginn der Suspendierung genannt.
2. die gleichmäßige Verteilung der Feststoffpartikel auf das gesamte Flüssigkeitsvolumen des Mischgefäßes.

Bei der Untersuchung der Strömungsprofile in axialen Strahlmischern [1] wurde beobachtet, daß die größten Flüssigkeitsschwindigkeiten entlang dem Gefäßboden auftraten, was für die Suspendierung von Feststoffpartikeln in Flüssigkeiten mit $\rho_s > \rho_L$ gerade günstig sein könnte.

In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich auf den unter Punkt 1 genannten Zustand, also auf den Beginn der Suspendierung eingegangen. Dabei wird versucht, das Wechselspiel von Schwere, Trägheit und Viskosität unter Zugrundelegen von Versuchsergebnissen mittels dimensionsloser Gleichungen zu beschreiben. Um die Resultate dieser Untersuchung mit den bekannten Ergebnissen an Rührern vergleichen zu können, wird als Kriterium des Schwebezustandes die bereits von *Zwietering* [2] sowie *Kneule* und *Weinspach* [3] gewählte Bedingung beibehalten, wonach Feststoffanhäufungen nicht länger als 1 s am Gefäßboden liegenbleiben dürfen, bevor sie erneut aufgewirbelt werden: in diesem Zustand ist der optimale Betriebspunkt bezüglich des Stoffüberganges bereits erreicht. Der dimensionslose Potenzproduktansatz, der für das Suspendieren von Feststoffpartikeln in einem axialen Strahlmischer kennzeichnend ist, lautet:

$$Re_c = k_1 Gr^{x_1} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_f} \right)^{x_2} \left(\frac{d_p}{D} \right)^{x_3} \left(\frac{h}{D} \right)^{x_4} \left(\frac{d_n}{D} \right)^{x_5} \varepsilon^{x_6} \quad (1)$$

Neben der kritischen Reynolds-Zahl und der Grasshof-Zahl enthält Gl. (1) einige geometrische Verhältnisse und den Füllungsgrad des Behälters. Um die Zahlenwerte der Konstante und der Exponenten in Gl. (1) bestimmen zu können, wurde die kritische Ausflußgeschwindigkeit, bei der also das Suspendierungskriterium gerade erfüllt war, als Funktion der folgenden Einflußgrößen gemessen: mittlerer Korndurchmesser der Feststoffpartikel d_p , Durchmesser der Mischdüse d_n , Abstand der Düse vom Behälterboden h , Dichte der Feststoffpartikel ρ_s , Viskosität der Flüssigkeit η , Füllungsgrad ε und vier verschiedene Bodenformen, nämlich flacher Boden, kegelmüpförmiger Boden, runder Boden und Klöpferboden. Die Zahlenwerte der Konstante und der Exponenten in Gl. (1) werden in Tab. 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Konstante und Exponenten in Gl. (1) für die untersuchten Bodenformen.

Bodenform	k_1	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Flacher Boden	2,00	0,42	-0,14	-1,16	-0,05	0,06	0,24
kegelst. Boden	0,59	0,46	-0,17	-1,34	-0,04	0,09	0,30
runder Boden	0,15	0,51	-0,17	-1,34	-0,05	0,06	0,33
Klöpferboden	0,42	0,39	-0,07	-1,46	-0,04	0,06	0,29

Ein Leistungsvergleich zwischen Strahlmischern und Rührern für die gleiche Suspendierungsaufgabe läßt erkennen, daß der Strahlmischer im allgemeinen hinsichtlich des Leistungsbedarfs wirtschaftlicher arbeitet als ein Rührer. Dies wird wohl dadurch verursacht, daß der Strahl seine Energie verhältnismäßig gezielt und geordnet an die Flüssigkeit in dem Mischgefäß abgibt.

Eingegangen am 9. Mai 1977

- [1] *Rácz, I. G.; Groot Wassink, J.*: Chem.-Ing.-Tech. 46 (1974) Nr. 6, S. 261.
 [2] *Zwietering, Th. N.*: Chem. Eng. Sci. 8 (1958) S. 244/253.
 [3] *Kneule, F.; Weinspach, M. M.*: Verfahrenstechnik 1 (1967) Nr. 12, S. 531/540.

Schlüsselworte: Suspendieren, Strahlmischer, Mischen, Bodenformen.

Das vollständige Manuskript dieser Arbeit umfaßt 16 Seiten mit 6 Abbildungen, 3 Tabellen und 5 Literaturzitate. Es ist als Photokopie oder Mikrofiche MS 531/77 erhältlich. Eine Bestellkarte finden Sie am Schluß dieses Heftes.

* Vorgetragen von *I. G. Rácz* auf dem Europäischen Kongreß „Austauschprozesse in Partikelsystemen“, 28. bis 30. März 1977 in Nürnberg.

** *Ir. I. G. Rácz* und Prof. *Ir. Drs. J. Groot Wassink*, Technische Universität Twente, Postfach 217, Enschede/Niederlande, und *Ir. P. J. Dees*, Universität Leiden, Gorlaeus Laboratorium, Postfach 75, Leiden/Niederlande.