Begasen von Flüssigkeiten durch einen selbstansaugenden Rührer*

I. G. Rácz, J. Groot Wassink und K. Grootherder**

Das Begasen von Flüssigkeiten wird bei vielen verfahrenstechnischen Prozessen, so in der chemischen Industrie, der biologischen Verfahrenstechnik und der Wasser- und Abwassertechnik, ausgeführt. Hierzu steht eine große Zahl von Gas/Flüssigkeits-Kontaktparaten zur Verfügung. In dieser Arbeit wird ein halbtechnischer selbstansaugender Rührer, der „Turbo-Belüfter“ der Apparatenfabrik Turbo-Müller & Co. KG, vorgestellt.

Unter dem Begriff „selbstansaugender Rührer“ wird ein Rührer, d. h. eine Strömungsmaschine, verstanden, die in einer Flüssigkeit einen Unterdruck erzeugen und damit durch eine Hohlwelle oder durch ein Gaszuführungsrohr aus dem Raum über der Flüssigkeit Gas ansaugen kann. Zwischen den erzeugten Gasblasen und der Flüssigkeit treten Stoff- und Wärmeaustausch auf. Dieses Verfahren kann selbstverständlich auch im Falle zweier, nicht miteinander mischbarer Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichten, angewendet werden.

Für die Auslegung des Turbo-Belüfters liegen nur unvollständige Unterlagen vor. In Zusammenarbeit mit dem Hersteller wurden deshalb die wichtigsten technologischen Eigenschaften des Turbo-Belüfters, nämlich der Betriebsbereich, die Wellenleistung, der Gasdurchsatz und der Stoffaustausch zwischen Gasblasen und

allgemein bekannten instationären Sulfit/Luftsauerstoff-Methode in einem koaleszierenden Stoffsystem gemessen. Der Meßbereich der untersuchten Einflußgrößen ist in Tab. 1 angegeben.

Für die Untergrenze des Betriebsbereiches wurde die folgende Beziehung aufgestellt:

$$\left(\frac{n_k^2 D_1}{g}\right) \left(\frac{D_1}{h_1}\right) = 1,85 \cdot 10^{-5} \left(\frac{g D_1^3}{v^2}\right)^{0,46} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{-0,30} \left(\frac{D_a}{D_1}\right)^{-0,25} \cdot \left(\frac{h_1}{D_1}\right)^{0,22} \left(\frac{h_3}{D_1}\right)^{0,45} \quad (1)$$

Wenn gewisse Bedingungen erfüllt werden, so kann die Obergrenze des Betriebsbereiches mittels einer maximalen Drehzahl angegeben werden:

$$n_{\max}/n_k \approx 1,5. \quad (2)$$

Für die Wellenleistung N , den Gasdurchsatz Φ_g und den Stoffaustausch kA wurden die folgenden Gleichungen erhalten:

$$\frac{N}{\rho n^3 W D_1^4} = 20,5 \left(\frac{n^2 D_1}{g}\right)^{-0,46} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{1,76} \left(\frac{h_1}{D_1}\right)^{0,27} \left(\frac{h_3}{D_1}\right)^{0,11} \left(\frac{H}{D_1}\right)^{0,11} \left(\frac{W}{D_1}\right)^{0,34} \quad (3)$$

Tabelle 1. Versuchsbereich der Einflußgrößen

Einflußgröße	Versuchsbereich		
Rührerdrehzahl	n	[Us ⁻¹]	7,0 bis 25,0
Durchmesser Rührer 1	D_1	[m]	0,16; 0,19; 0,22
Durchmesser Rührer 2	D_2	[m]	0,12; 0,14; 0,19
Rührerhöhe	W	[m]	0,031
Durchmesser Gaszuführungsrohr	D_a	[m]	0,15; 0,17; 0,205
Eintauchtiefe Gaszuführungsrohr	h_1	[m]	0,30 bis 0,85
Abstand zwischen Rührer 1 und Gaszuführungsrohr	h_2	[m]	0,001 bis 0,020
Abstand zwischen den beiden Rührern	h_3	[m]	0,080 bis 0,365
Wasserhöhe im Becken	H	[m]	1,22 bis 1,59
Länge und Breite des Beckens	L, B	[m]	1,47
Dynamische Zähigkeit der Flüssigkeit	η	[kg m ⁻¹ s ⁻¹]	$1,5 \cdot 10^{-3}$ bis $22,4 \cdot 10^{-3}$
Diffusionskoeffizient des Gases in der Flüssigkeit	D	[m ² s ⁻¹]	$1,8 \cdot 10^{-9}$ bis $2,4 \cdot 10^{-9}$

Flüssigkeit als Funktion von geometrischen, stofflichen und kinematischen Einflußgrößen experimentell untersucht.

Abb. 1 zeigt die verwendete Versuchsapparatur. Der Betriebsbereich des Turbo-Belüfters wird durch eine untere und eine obere Grenze gekennzeichnet. An der unteren Grenze wird gerade Gas angesaugt und nach unten befördert, an der oberen Grenze wird soviel Gas angesaugt, daß die Mammutpumpenwirkung der angesaugten Gasblasen den mechanisch gepumpten Flüssigkeitsstrom überwiegt. Der Betriebsbereich wurde visuell bestimmt. Die Leistungsaufnahme des Belüfters wurde mit Hilfe einer Drehmomentmeßwelle gemessen, die Menge des angesaugten Gases mit einem Balgengaszähler bestimmt.

Der Stoffaustausch zwischen Gas und Flüssigkeit wurde mit Hilfe der

Abb. 1. Versuchsapparatur. E Elektromotor; D_m Dynamometer; R Rekorder; G Gasuhr; M Manometer; S Sauerstoff-Elektrode; T kleiner Turbinenrührer.

* Vorgetragen von I. G. Rácz auf dem Jahrestreffen der Verfahrens-Ingenieure, 26. bis 28. September 1979 in Nürnberg.

** Ir. I. G. Rácz, Prof. ir. drs. J. Groot Wassink, Technische Universität Twente, Postfach 217, 7500 AE Enschede/Niederland, und ir. K. Grootherder, N. V. Nederlandse Gasunie, Laan Corpus den Hoorn 102, 9728 JR Groningen/Niederlande.

$$\frac{\Phi_g}{nWD_1^2} = 9,5 \cdot 10^{-3} \left(\frac{n^2 D_1}{g} \right)^{0,44} \left(\frac{\rho n^2 D_1^3}{\sigma} \right)^{0,21} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{0,14} \left(\frac{D_a}{D_1} \right)^{-0,95} \cdot \left(\frac{h_1}{D_1} \right)^{-0,33} \left(\frac{h_3}{D_1} \right)^{0,18} \left(\frac{H}{D_1} \right)^{-0,10}, \quad (4)$$

$$\frac{kA}{nWD_1^2} = 1,64 \cdot 10^{-3} \left(\frac{n^2 D_1}{g} \right)^{-0,28} \left(\frac{\rho n^2 D_1^3}{\sigma} \right)^{0,75} \left(\frac{v}{D} \right)^{-0,16} \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^{1,19} \cdot \left(\frac{D_a}{D_1} \right)^{-0,20} \left(\frac{h_1}{D_1} \right)^{0,17} \left(\frac{h_3}{D_1} \right)^{0,14}. \quad (5)$$

Mit Hilfe der angegebenen Gleichungen kann der Turbo-Belüfter für Stoffaustauschverfahren in Gas/Flüssigkeits-Systemen prozeßge-

mäß ausgelegt und dimensioniert werden. Die Untersuchungsergebnisse lassen erwarten, daß einige Änderungen in der Konstruktionsart des Turbo-Belüfters seinen energetischen Wirkungsgrad weiter erhöhen werden.

Eingegangen am 8. Oktober 1979

Schlüsselworte: Begasen, Belüften, selbstansaugender Rührer.

Das vollständige Manuskript dieser Arbeit umfaßt 20 Seiten mit 5 Abbildungen, 1 Tabelle und 10 Literaturzitaten. Es ist als Fotokopie oder Mikrofiche MS 781/80 erhältlich. Eine Bestellkarte finden Sie am Schluß dieses Heftes.