

Neue Gleichung zur Berechnung der Staubabscheidung im Hochleistungsventuriwäscher*

Franz Mayinger und Manfred Neumann**

Experimentelle Untersuchungen des Fragmentationsvorganges der Waschflüssigkeit, der Austauschfläche, des Druckabfalles und der Relativgeschwindigkeit zwischen den Phasen legen es nahe, bei der Berechnung der Abscheidewirkung von Hochleistungsventuriwäschern von der Annahme des umströmten Tropfens abzugehen [1, 2].

Da in der Literatur keine theoretischen Ansätze für den Stoffaustausch zwischen Gas und Flüssigkeit in einer stark turbulenten zweiphasigen Strömung mit Gas als der kontinuierlichen Phase bekannt sind, wurde zur Berechnung der Staubabscheidung ein Ansatz mit dimensionslosen Kenngrößen gebildet.

Ein Maß für den gaseitigen Stoffübergangskoeffizienten ist zunächst die im Wäscher dissipierte Energie, soweit sie primär nicht auf den Druckverlust durch die Wandreibung zurückzuführen ist; die dissipierte Energie ist in der Euler-Zahl enthalten. Die Relativgeschwindigkeit zwischen den Phasen wurde ebenfalls zur Beschreibung des gaseitigen Stoffübergangskoeffizienten herangezogen; sie ist in der Reynolds-Zahl enthalten. Der flüssigkeitsseitige Stoffübergangskoeffizient kann bei der Staubabscheidung vernachlässigt werden.

Von wesentlicher Bedeutung für die Staubabscheidung ist außerdem die im Wäscher ausgebildete Austauschfläche. Sie kann erfaßt werden, wenn man zum einen die überhaupt zur Verfügung stehende Flüssigkeitsmenge – ausgedrückt in der dimensionslosen Kenngröße $(1 - \dot{x})/\dot{x}$, wobei \dot{x} den massebezogenen Strömungsgasgehalt bezeichnet – betrachtet und zum anderen eine Aussage darüber macht, in welcher Form die Flüssigkeit im Wäscher zerteilt wird. Zur Kennzeichnung des Dispergierungsgrades einer Flüssigkeit wird in der Literatur die Weber-Zahl verwendet. Sie gibt Auskunft darüber, inwieweit ein Tropfen stabil ist bzw. von den Scherkräften der Gasströmung zerteilt wird.

Das für den Stoffaustausch maßgebliche Produkt aus Stoffübergangskoeffizient und Stoffaustauschfläche wurde schließlich gemeinsam als Funktion der oben hergeleiteten dimensionslosen Kenngrößen empirisch dargestellt:

$$F_m = 94,9 \text{Re}^{0.1} \text{Eu}^{-0.2} \text{We}^{0.24} \left(\frac{1 - \dot{x}}{\dot{x}} \right)^{0.4} \dot{x}^{0.2} \quad (1)$$

mit

$$F_m = (\beta A)_m / \dot{V}_g \quad (2)$$

(β Stoffübergangskoeffizient, A Austauschfläche, \dot{V}_g Gasvolumenstrom, Index m : Mittelwert). In Gl. (1) ist \dot{x} eine dimensionslose Kenngröße, die die Stoffkennaten der abzuscheidenden Staubart erfaßt. In die Reynolds-, Euler- und Weber-Zahl ist die längs des Strömungsweges variable Relativgeschwindigkeit einzusetzen, die

ebenfalls als Funktion dimensionsloser Kenngrößen dargestellt wurde. Die Euler-Zahl wird mit dem Druckverlust aufgrund der im Wäscher dissipierten Energie gebildet, der mit einem empirisch erweiterten Martinelli-Ansatz formelmäßig dargestellt wurde. Die Konstante und die Exponenten in Gl. (1) ergaben sich durch eine Korrelation mit Entstaubungsergebnissen von *Nomine* [3]. Der Entstaubungsgrad η kann jetzt mit der Gl. (3) zu

$$\eta = 1 - \exp(-F_m) \quad (3)$$

berechnet werden. Ein Vergleich so nach Gl. (3) berechneter Entstaubungsgrade zeigt eine gute bis befriedigende Übereinstimmung mit Meßwerten aus der Literatur, wie aus der Abb. 1 hervorgeht.

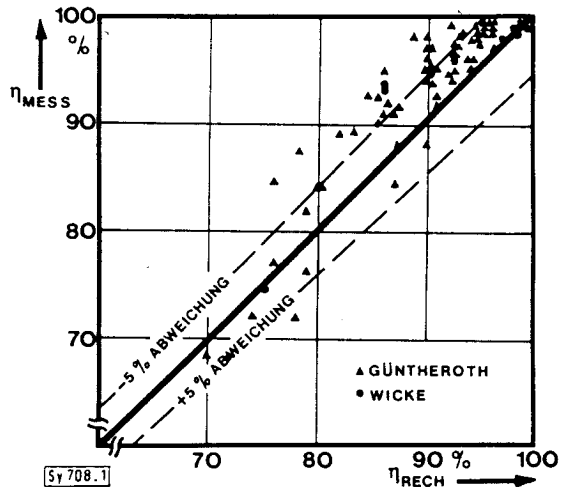


Abb. 1. Vergleich von Entstaubungsmeßwerten aus der Literatur [4, 5] und der Rechnung.

Die Meßwerte von *Güntheroth* [4] liegen insbesondere bei hohen Entstaubungsgraden etwas über den mit den Gln. (1) bis (3) ermittelten Werten. Die Abweichung beträgt in den meisten Fällen weniger als 5%. Die von *Wicke* [5] gemessenen Entstaubungsgrade werden von der neuen Gleichung gut wiedergegeben.

Eingegangen am 1. Dezember 1978

- [1] *Mayinger, F.; Neumann, M.*: Dechema-Monographien Bd. 8, S. 637, Verlag Chemie GmbH, Weinheim 1976.
- [2] *Neumann, M.*: Dissertation, Univ. Hannover 1978.
- [3] *Nomine, H.*: Experimentelle Untersuchung zur Feinstaubabscheidung in Venturi-Wäschern, Vortrag auf dem Kolloquium „Fortschritte der Luftreinhaltung – Minderung von Staubemissionen“ vom 27. bis 29. April 1977 in Nürnberg.
- [4] *Güntheroth, H.*: Fortschritts-Ber. VDI-Z., Reihe 3 (1966) Nr. 13.
- [5] *Wicke, M.*: Fortschritts-Ber. VDI-Z., Reihe 3 (1970) Nr. 33.

Schlüsselworte: Venturi-Wäscher, Staubabscheidung, Berechnungsgleichung.

Das vollständige Manuskript dieser Arbeit umfaßt 22 Seiten mit 6 Abbildungen und 10 Literaturzitate. Es ist als Fotokopie oder Mikrofilm MS 669/79 erhältlich. Eine Bestellkarte finden Sie am Schluß dieses Heftes.

* Vortrag auf dem Jahrestreffen der Verfahrens-Ingenieure, 27. bis 29. Sept. 1978 in Aachen.

** Prof. Dr.-Ing. F. Mayinger und Dr.-Ing. M. Neumann, Institut für Verfahrenstechnik an der Universität Hannover, Callinstr. 36, 3000 Hannover.