

Staubabscheidung in Venturi-Wäschern

Franz Mayinger und Manfred Neumann*

Bei der Berechnung des Abscheidegrades von Naßentstaubern geht man in der Regel von dem Barthschen Tropfenmodell aus. Eine spezielle Konstruktion von Hochleistungs-Naßentstaubern stellen die Venturi-Wäscher dar, in denen die Flüssigkeit durch die Strömungsenergie des Gases zerteilt wird. Ein Vergleich gemessener und nach dem Tropfenmodell berechneter Abscheidegrade zeigt, daß für große Durchmesser der Staubpartikel noch annähernd Übereinstimmung gegeben ist, während für submikrone Schwebstoffe, wie insbesondere die Messungen von Güntheroth [2] beweisen, die Theorie die Abscheidewirkung des Venturi-Wäschers mit unterschätzt. Für eine Verbesserung der Theorie wurden deshalb systematische Untersuchungen zum Fragmentationsvorgang der Flüssigkeit in der Venturi-Kehle an einer halbtechnischen Anlage durchgeführt, die bis zu einem Gasdurchsatz von $4500 \text{ m}^3/\text{s}$ bei einem rechteckigen Kehlenquerschnitt von 85 cm^2 arbeitet.

Die Messung des Fragmentationsvorganges und der Flüssigkeitsbewegung erfolgte mit Hilfe der Ultra-Kurzzeit-Fotografie bei Belichtungszeiten von 10^{-8} bis 10^{-7} s. Die fotografischen Aufnahmen bestätigten die Vermutung von Hesketh [2], daß die Flüssigkeit in der Venturi-Kehle nicht in Tropfen zerfällt, sondern sich Flüssigkeits-Lamellen und -Membranen mit gegenüber Tropfen gleicher Flüssigkeitsmenge erheblich größerer Oberfläche bilden. Grund für diese Art der Flüssigkeitsfragmentation sind die hohen Scher- und Impulskräfte, die im Kehlenbereich die tropfenförmige Oberflächenspannung weit überwiegen.

Wendet man die Doppelbelichtungstechnik an, bei der in kurzem zeitlichen Abstand zwei Aufnahmen auf ein- und dieselbe fotografische Platte gemacht werden, so kann man neben der Form der Wasserteilchen auch deren Geschwindigkeit hinsichtlich Größe und Richtung beobachten. Abb. 1 zeigt eine spezielle Form der unter den Scherkräften der Strömung sich bildenden Flüssigkeitslamellen, nämlich eine taschenförmige Membran, die sich, wie aus dem Vergleich beider Belichtungen zu erkennen ist, aufbläht und dehnt. Aus einer einfachen fluiddynamischen Betrachtung läßt sich ableiten, daß zwischen Gas und Flüssigkeitspartikel eine erhebliche Differenzgeschwindigkeit herrscht. Aus der Bewegung der Flüssigkeitslamellen läßt sich ein hoher Turbulenzgrad der Strömung nachweisen. Außerhalb des Kehlenbereiches nehmen die Strömungskräfte rasch ab und die Oberflächenspannung bewirkt eine Rückbildung der Flüssigkeitslamellen zu Tropfen.

Die Differenzgeschwindigkeiten zwischen Gas- und Flüssigkeitslamelle in der Kehle betragen 30 bis 80 m/s, wie aus Abb. 2 zu entnehmen ist. Bei Lamellenabmessungen in der Größenordnung von 0,5 bis 1 mm ergeben sich dabei Reynolds-Zahlen für die Wasserpartikel von 10^3 bis $6 \cdot 10^3$, also weit außerhalb des Stokeschen Bereiches. Wegen des hochturbulenten Stoffaustausches können Abscheidvorgänge, die überwiegend gaseitig bestimmt sind, bereits abgeschlossen sein, bevor die Strömung im Venturi-Diffusor sich wieder verzögert und Tropfenbildung einsetzt. Dies gilt nicht für die Absorptionsvorgänge, bei denen die Diffusion oder eine langsame chemische Reaktion in der flüssigen Phase eine erhebliche Rolle spielen.

Für die Abscheidewirkung wichtige Austauschfläche und ihre Änderung längs des Strömungsweges wurde mit Hilfe einer rasch

ablaufenden Modellreaktion, nämlich der Oxidation von wäßriger Na_2SO_3 -Lösung mit Luft [3] gemessen. In Abb. 2 ist zusätzlich der so ermittelte Verlauf der spezifischen Austauschfläche über dem Strömungsweg in der Venturi-Kehle eingetragen.

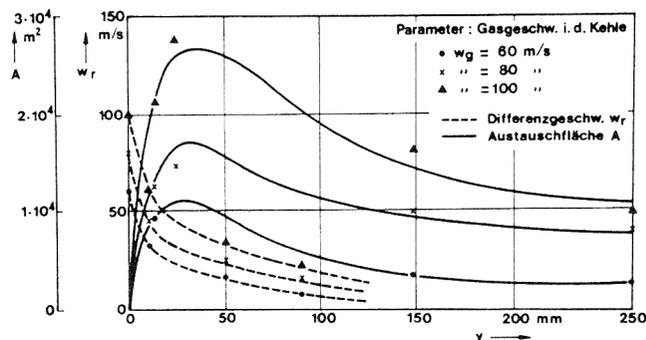
Abb. 1. Flüssigkeitslamelle in Venturi-Kehle. Bildabstand 10^{-5} s.

Abb. 2. Geschwindigkeitsunterschied zwischen Gas und Flüssigkeit sowie Austauschfläche in Venturi-Kehle.

Der gemessene Verlauf des Druckverlustes über den Gasweg im Venturi-Wäscher erhärtet den aus der Wasserfragmentation gezogenen Schluß, daß die Staubabscheidung überwiegend nur im Kehlenbereich erfolgt. Die gemachten Beobachtungen legen es nahe, bei theoretischen Ansätzen für Druckverlust und Abscheidegrad stärker als bisher die Gesetze der Zweiphasenströmung heranzuziehen.

Eingegangen am 13. Dezember 1976

- [1] Güntheroth, H.: Fortschr. Ber. VDI-Z. Reihe 3 (1966) Nr. 13.
- [2] Hesketh, H. E.; Engel, A. J.; Calvert, S.: Atmospheric Environment 4 (1970) Nr. 6, S. 639 ff.
- [3] Nagel, O.; Kürten, H.; Sinn, R.: Chem.-Ing.-Tech. 42 (1970) Nr. 7, S. 474 ff.

Schlüsselworte: Venturi-Wäscher, Staubabscheidung, Flüssigkeitsfragmentation, Austauschfläche, Schlupf, Druckabfall, Zweiphasenmodell.

Das vollständige Manuskript dieser Arbeit umfaßt 16 Seiten mit 11 Abbildungen und 17 Literaturziten. Es ist als Fotokopie oder Mikrofiche MS 483/77 erhältlich. Eine Bestellkarte finden Sie am Schluß dieses Heftes.

* Prof. Dr.-Ing. F. Mayinger und Dipl.-Ing. M. Neumann, Institut für Verfahrenstechnik der TU Hannover. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. Baumco, Essen, durchgeführt und vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanziert.