



Physik der Schwebekörperdurchflussmessgeräte

Einfach und relativ genau lässt sich der Durchfluss von Gasen und Flüssigkeiten mit Schwebekörperdurchflussmessgeräten bestimmen. Ein senkrecht gestelltes Rohr, das sich nach oben konisch erweitert, wird von unten nach oben durchströmt. Der aufwärts strömende Messstoff hebt den im Rohr befindlichen Schwebekörper so lange, bis der ringförmige Spalt zwischen Schwebekörper und Rohrwand so groß ist, dass die auf den Schwebekörper wirkenden Kräfte im Gleichgewicht sind und damit der Schwebezustand erreicht ist.

Drei Kräfte wirken auf den Schwebekörper (Bild 1). Nach unten ist die Gewichtskraft F_G gerichtet:

$$F_G = V_s \cdot \rho_s \cdot g \quad (1)$$

Nach oben greifen zwei Kräfte an:
Der Auftrieb F_A :

$$F_A = V_s \cdot \rho_m \cdot g \quad (2)$$

und die Kraft des Strömungswiderstandes F_S :

$$F_S = c_w \cdot A_s \cdot \frac{\rho_m \cdot v^2}{2} \quad (3)$$

Für den Gleichgewichts- oder Schwebezustand gilt:

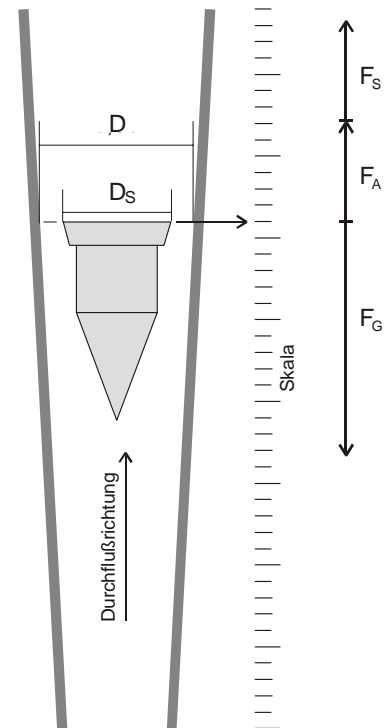
$$F_G = F_A + F_S \quad (4)$$

Der Durchfluss ist:

$$q_v = v \cdot A = v \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_k^2 - D_s^2) \quad (5)$$

Der Widerstandsbeiwert c_w wird in die Durchflusszahl überführt.

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{c_w}} \quad (6)$$





Kirchner und Tochter

Die Durchflusszahl α ist abhängig von der geometrischen Form des Messrohres und des Schwebekörpers, es beinhaltet auch die Reibung. Als empirisch ermittelter Wert erscheint α in gerätebezogenen Kennlinien, die in die Berechnung einbezogen werden. In diesen Kennlinien ist auch die Ruppel-Zahl enthalten, die es ermöglicht, die messstoffspezifischen Parameter Viskosität und Dichte mit zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Gleichungen lässt sich die allgemeine Durchflussgleichung für Schwebekörperdurchflussmessgeräte aufstellen.

Volumendurchfluss:

$$q_v = \frac{\alpha}{\rho_m} D_S \sqrt{g \cdot m_S \cdot \rho_m \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_S}\right)} \quad (7)$$

Massendurchfluss:

$$q_m = \alpha \cdot D_S \sqrt{g \cdot m_S \cdot \rho_m \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho_S}\right)} \quad (8)$$

Der dem Durchfluss zur Verfügung stehende Ringspalt ändert sich wegen der Konizität des Messrohres mit der Höhenstellung des Schwebekörpers. Somit liefert die Höhenlage eine Aussage über den Durchfluss. Bei Verwendung eines Glasmessrohres kann daher der Messwert direkt an einer auf dem Messrohr angebrachten Skala abgelesen werden.

Verglichen mit der Wirkdruckmessung, z. B. an Blenden oder im Venturirohr, gibt es physikalisch eine Analogie, die sich durch gleichartige Berechnungsverfahren ausdrückt. Der gravierende Unterschied ist mechanischer Natur, denn bei Wirkdruck-Messverfahren bleibt der durchströmte Querschnitt konstant und der Wirkdruck ändert sich mit dem Durchfluss, während sich beim Schwebekörperprinzip der Querschnitt anpasst und die Druckdifferenz gleich bleibt.

- V_S : Volumen des Schwebekörpers
- A : Ringspaltfläche
- A_S : Querschnittsfläche des Schwebekörpers an der Ablesekante
- m_S : Masse des Schwebekörpers
- ρ_S : Dichte des Schwebekörpers
- ρ_m : Dichte des Messstoffes
- c_W : Widerstandsbeiwert
- v : Fließgeschwindigkeit des Messstoffes
- D_K : Konus- Innendurchmesser an der Ablesestelle
- D_S : Durchmesser des Schwebekörpers an der Ablesekante