

Durchflussvolumen mit Schwebekörpern bestimmen

Schwebekörper-Durchflussmessung als effiziente und zuverlässige Lösung für Flüssigkeiten und Gase

Durchflussmesser nach dem Schwebekörper-Prinzip verfügen über zahlreiche Merkmale, die andere Messprinzipien in dieser Kombination nicht vorweisen können. Sie punkten vor allem dann, wenn eine robuste, zuverlässige und vor allem kostengünstige Messung gefordert ist. Um die Messgeräte korrekt auslegen zu können, muss man das Messprinzip durchschauen.

■ Peter Kramer



Quelle: PKP Prozessmesstechnik

Schwebekörper-Durchflussmesser kommen weltweit in nahezu allen Industriebereichen zum Einsatz. Durch ihr einfaches Messprinzip haben sie eine Reihe von Merkmalen, die andere Messprinzipien in dieser Kombination nicht erreichen. Sie sind von elektrischer Hilfsenergie unabhängig und zeichnen sich durch niedrige Anschaffungs- und Installationskosten aus. Zudem überzeugen Schwebekörper-Durchflussmesser durch Eigenschaften wie einfache Zustandskontrolle und Wartung, keine potenziellen Undichtigkeitsstellen und hohe mechanische Zuverlässigkeit. Letztere ist von Bedeutung, da alle Durchflussmesser mit elektrischen Abgriffprinzipien Fehler erzeugen können, deren Ursache versteckt bleibt und nur durch indirekte, komplizierte Fehlersuche zum Vorschein kommen kann.

Diese Durchflussmesser können prinzipiell alle Flüssigkeiten oder Gase messen. In der Praxis ergeben sich jedoch vielfach Probleme mit der korrekten Auslegung der Geräte. Um dies zu verstehen, muss man das Messprinzip der Schwebekörper-Durchflussmessung genauer betrachten.

Die Messung beruht darauf, dass ein Schwebekörper von dem strömenden Medium in einem Messrohr mit variabler Querschnittsfläche durch das anströmende Medium angehoben wird. Dabei wirken auf den Schwebekörper folgende Kräfte: Anströmkraft F_F (Kraft, die das strömende Medium auf den Schwebekörper ausübt), Auftriebskraft des Schwebekörpers F_B sowie das Gewicht des Schwebekörpers F_G . Für alle Positionen des Schwebekörpers im Messrohr gilt, wenn $F_G = F_B + F_F$ dann verändert der Schwebekörper seine Position nicht mehr. Es

Peter Kramer
ist Geschäftsführer bei
PKP Prozesstechnik in Wiesbaden
T +49/6122/7055-0
info@pkp.de

gibt aber zahlreiche Faktoren, die die Position des Schwebekörpers verändern können.

Äußere Einflussfaktoren auf die Schwebekörper-Position

Zum einen das Gewicht des Schwebekörpers F_G , das im Rahmen der Messunsicherheit als konstant angesehen werden kann. Zum zweiten der Auftrieb F_B , der von der Menge und Dichte des durch den Schwebekörper verdrängten Mediums abhängt. Dies bedeutet, dass die Dichte des Mediums bei jeder Geräteauslegung mit einfließen muss.

Ein weiterer Einfluss nehmender Faktor ist die Anströmkraft F_F . Sie ist abhängig von der Form des Schwebekörpers (konstant) sowie der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums an der

Position des Schwebekörpers. Diese wiederum wird durch die Durchflussmenge beeinflusst. Zudem fließen bei der Anströmkraft die Viskosität und Dichte des Mediums, welche sich mit der Temperatur und dem Druck ändern, mit ein. Der Schwebekörper des Messgerätes soll seine Höhe im Messglas proportional zur Menge des durchfließenden Mediums ändern. Damit dies funktioniert, müssen alle anderen Einflüsse bekannt sein und konstant gehalten werden. Das Gewicht F_G ist dabei konstant. Der Auftrieb F_B hängt von der Dichte des Mediums ab, sodass dieser bei Flüssigkeiten im Rahmen der Messgenauigkeit konstant ist und bei Gasen in Abhängigkeit von Druck und Temperatur variabel. Die Anströmkraft F_F hängt von der Form des Schwebekörpers (konstant), der zu messenden Durchflussmenge (variabel) und der Dichte ab. Diese ist analog dem Auftrieb bei



Ein beweglicher Schwebekörper in einem transparenten Messrohr mit Skaleneinteilung zeigt anhand seiner Stellung das Durchflussvolumen an.

Umrechnungsformel

Berechnung des Korrekturfaktors F_{ges}

Häufig kommt es vor, dass sich die Prozessdaten einer Anwendung ändern, sodass die für die ursprünglichen Prozessbedingungen ausgelegten Schwebekörper-Durchflussmesser keine korrekten Werte mehr anzeigen. Um die Geräte dennoch weiter nutzen zu können, ist es nötig, die Skalierung auf die neuen Prozessdaten umzurechnen. Dies funktioniert im Allgemeinen gut für die Prozessgrößen Druck, Temperatur und Dichte. Bei Viskositätsänderungen kann vielfach keine einfache Umrechnungsformel angegeben werden, sodass hier meist ein neues Gerät auszulegen oder auf ein anderes, viskositätsunabhängiges Messverfahren zurückzugreifen ist. Der Korrekturfaktor ist eine Zahl, mit der der angezeigte Durchflusswert multipliziert wird, um den korrekten Durchflusswert zu erhalten.

$$\text{Druck: } F_p = \sqrt{(P_{op} / P_{cal})}$$

F_p = Korrekturfaktor für Druck

P_{op} = neuer Betriebsdruck in bar (abs.)

(Druck)

P_{cal} = Druck, für den das Gerät ursprünglich ausgelegt wurde, in bar (abs.)

$$\text{Temperatur: } F_T = \sqrt{(T_{cal} / T_{op})}$$

F_T = Korrekturfaktor für Temperatur

T_{op} = neue Betriebstemperatur in Kelvin

(Temperatur)

T_{cal} = Temperatur, für die das Gerät ursprünglich ausgelegt wurde, in Kelvin

$$\text{Dichte: } F_\rho = \sqrt{(\rho_{cal} / \rho_{op})}$$

F_ρ = Korrekturfaktor für Dichte

ρ_{op} = neue Normdichte in Nm^3

(Dichte)

ρ_{cal} = Normdichte, für die das Gerät ursprünglich ausgelegt wurde, in kg/Nm^3

Ändern sich mehrere dieser Prozessgrößen gleichzeitig, so müssen die einzelnen Korrekturfaktoren miteinander multipliziert werden:

$$F_{ges} = F_p * F_T * F_\rho$$

Zu beachten ist, dass die Ergebnisse dieser Formeln Näherungswerte sind, welche bei geringen Abweichungen von den ursprünglichen Kalibrierbedingungen gut verwendbar sind. Bei größeren Abweichungen sollte das Messgerät komplett neu ausgelegt werden.

Flüssigkeiten im Rahmen der Messgenauigkeit konstant. Die daraus resultierende Konsequenz: Bei nicht-kompressiblen Medien gilt eine Skala für Schwebekörper-Durchflussmesser nur für ein bestimmtes Medium, weitgehend unabhängig von Druck und Temperatur. Bei Gasen und Dämpfen ist ebenfalls analog dem Auftrieb die Dichte abhängig von Druck und Temperatur des Mediums variabel. Bei kompressiblen Medien gilt demnach eine Skala für Schwebekörper-Durchflussmesser nur für ein bestimmtes Medium bei einem bestimmten Druck und einer bestimmten Temperatur.

Des Weiteren steht die Anströmkraft F_F mit der Viskosität in Zusammenhang. Bei Flüssigkeiten ist diese in Abhängigkeit von der Temperatur des Mediums häufig variabel, sodass Schwebekörper-Durchflussmesser für viskose Medien nur sehr bedingt einsetzbar sind. Denn die Viskositätsänderungen können je nach Messbereich zum Teil sehr große Messfehler verursachen. Bei Gasen ist die Viskosität im Rahmen der Messgenauigkeit meistens vernachlässigbar.

Hieraus ergibt sich, dass bei Flüssigkeiten der gewünschte Messbereich, die Dichte des Mediums sowie die Viskosität des Mediums bei Betriebstemperatur zur Auslegung eines Schwebekörperdurchflussmessers bekannt sein müssen. Bei Gasen muss der Anwender über folgende Größen Kenntnis haben: den gewünschten Messbereich, die Dichte des Mediums, die Betriebstemperatur sowie den Betriebsdruck. Dieser ist für die Auslegung maßgeblich und muss daher direkt am Ausgang des Durchflussmessers gemessen werden. ■

Weiterführende Infos auf www.PuA24.net

more @ click PA038002