

3. Messen und Regeln von Volumenströmen

Das Kontrollieren und beeinflussen von Volumenströmen ist in der Industrie eine grundlegende Voraussetzung für eine qualitätsgerechte Produktion.

Überall dort, wo Stoffe transportiert, aufbereitet oder gemischt werden, sind deshalb Regelkreise für den Volumenstrom zu finden.

Nennen Sie mindestens drei Beispiele für die Volumenstromregelung:

-
-
-

Von der Vielzahl der technischen Möglichkeiten zur Messung von Volumenströmen sollen hier die in der Industrie häufig zu findenden kurz vorgestellt werden.

3.1. Messung mit Hilfe von Wirkdruckgebern



[57] Wirkdruckgeber

Wirkdruckgeber sind Messgeräte, die auf der Grundlage des Satzes von Bernoulli arbeiten.

Nach diesem Satz gilt, dass der Gesamtdruck in einem System gleich der Summe aus Ruhedruck (statischer Druck) und Bewegungsdruck (dynamischer Druck) ist. Diese Summe ist für ein gegebenes System immer konstant.

Der statische Druck entspricht dabei der Summe aus dem hydrostatischen Druck und dem Kolbendruck.

Der hydrostatische Druck entsteht aus der Masse der in einem Behälter gespeicherten Flüssigkeit und ist von der Dichte des Stoffes und der Füllhöhe abhängig.

ρ Dichte des Stoffes

h : Füllhöhe

Dieser Anteil des statischen Drucks wird bei Gasen und Dämpfen in der Regel vernachlässigt.

Der Kolbendruck entsteht aus der Arbeit von Pumpen.

Der dynamische Druck eines Stoffes ist abhängig vom Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit.

ρ Dichte des Stoffes

c : Strömungsgeschwindigkeit des Stoffes

Der Zusammenhang zwischen dem statischen und dem dynamischen Druck bedeutet also:

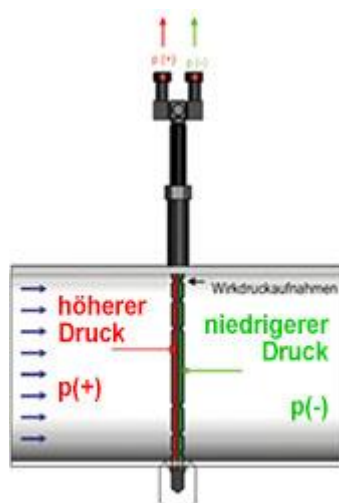
Steigt in einer Rohrleitung die Strömungsgeschwindigkeit des Stoffes an (z. B. durch Verringerung des Leitungsquerschnittes), dann muss der dynamische Druck stark ansteigen, was andererseits eine Verringerung des statischen Drucks bewirkt.

Die Veränderung des statischen Drucks ist damit direkt abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit und damit vom Volumenstrom, denn es gilt nach der Kontinuitätsgleichung:

v : Strömungsgeschwindigkeit

A : lichter Rohrquerschnitt

Messblende:



[58] Staudrucksonde

Nach dem gleichen Messprinzip arbeiten die Staudrucksonde und die Venturidüse. Die Auswahl des jeweiligen Messgerätes hängt ab von der Art des Stoffes und den konkreten Messbedingungen.

Vorteile Blende

- Messung von Null heraus
- geringere Einlaufstrecken
- Sondermaterialien
- Tausch ohne Neukalibration, kein Stillstand
- große Nennweiten
- hohe Temperaturen (bis 1000 °C)
- hohe Drücke

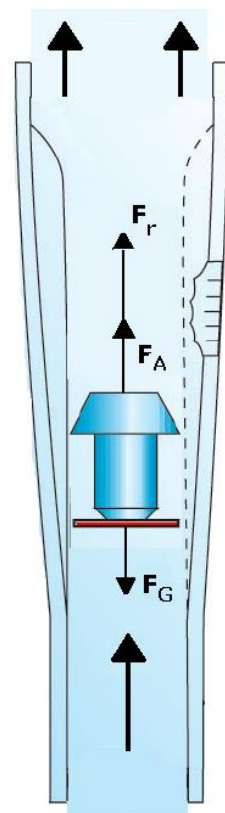
3.2. Messung mit Hilfe von Schwebekörper-Durchflussmessern

Der zu messende Stoff strömt von unten in das Messgerät und erzeugt auf Grund des Strömungswiderstandes des Schwebekörpers eine nach oben gerichteter Kraft, die von der Dichte des Stoffes und seiner Strömungsgeschwindigkeit abhängt.

Die Strömungsgeschwindigkeit selbst ist bei gegebenem Querschnitt vom Volumenstrom anhängig. Nach unten wirkt die Gewichtskraft des Schwebekörpers. Im Gleichgewichtszustand der beiden Kräfte kommt der Schwebekörper zur Ruhe. An der Messskale kann der Volumenstrom direkt abgelesen werden.

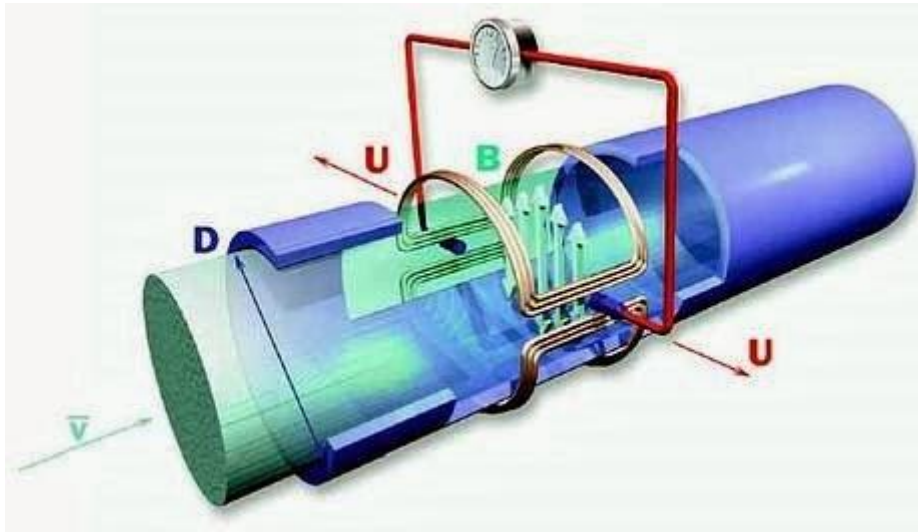
(Vergleichen Sie das beschriebene Messprinzip mit der Messung der Rauigkeit oder der Luftdurchlässigkeit nach Bendtsen im Qualitätsprüflabor)

Dieses Messprinzip ist häufig bei der Chemikaliendosierung zu finden. Auch bei der Einstellung der Luftmenge für das Perlrohr wird es eingesetzt (vergleichen Sie dazu Abschnitt "Füllstandsmessung")



[59] Schwebekörper

3.3. Messung mit Hilfe von induktiven Durchflussmessern (IDM):



[60] IDM

Das Prinzip der elektromagnetischen Induktion wurde im Abschnitt "elektrische Grundlagen" besprochen. Bewegt man einen elektrischen Leiter durch ein Magnetfeld, so entsteht an den Enden des Leiters eine elektrische Spannung.

Diese ergibt sich zu U_e : induzierte Spannung (mV)

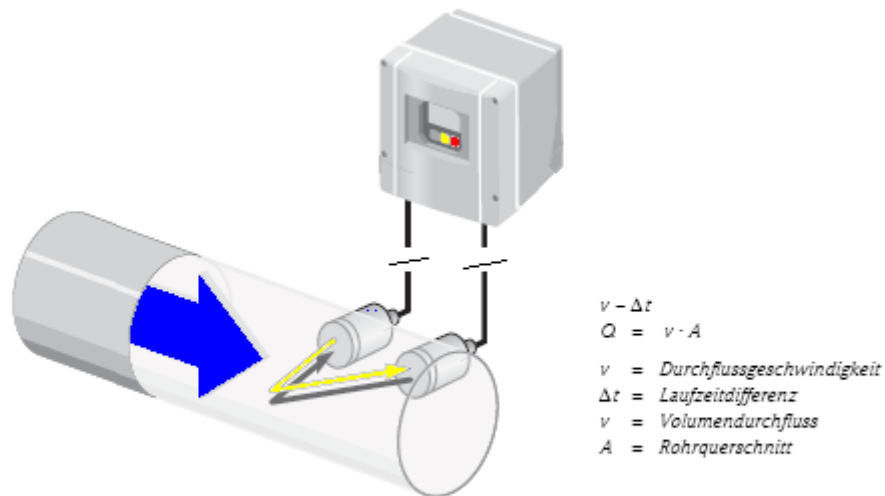
- l : Länge des Leiters (Abstand der Elektroden)
- v : Strömungsgeschwindigkeit

Da die beiden Messelektroden mit dem fließenden Stoff einen Leiter bilden müssen, kommt diese Art der Messung des Volumenstromes nur für elektrisch leitende Medien in Frage. Dies trifft auf die meisten Produktionswässer, Suspensionen und chemische Hilfsstoffe zu. Für Luft, Dämpfe, Kondensat und Öle ist dieses Messprinzip nicht nutzbar.

Das Messsystem besteht aus:

- Magnetfeld
- Elektroden
- Flüssigkeit

3.4. Messung mit Hilfe von Ultraschallmessgeräten



[61] Ultraschallmessung

Das Prinzip der Laufzeitmessung von Ultraschallsignalen wurde bereits im Abschnitt "Füllstandsmessungen" erläutert.

Bei diesem Messverfahren werden von zwei Ultraschallsonden Schallimpulse sowohl in als auch gegen die Strömungsrichtung gesendet.

Da sich der Schallimpuls in Strömungsrichtung schneller ausbreitet als gegen diese, entsteht eine Laufzeitdifferenz, die von der Strömungsgeschwindigkeit des Stoffes abhängt.

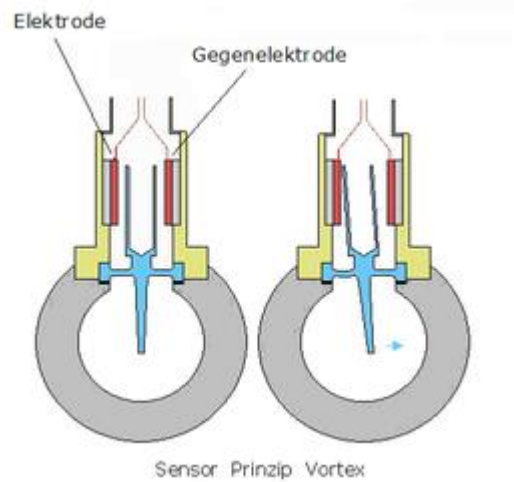
Das Messgerät misst neben dem Volumenstrom immer auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls im jeweiligen Messstoff und kann sich so auf unterschiedliche Messguteigenschaften einstellen.

Ein weiteres Messverfahren, welches auf der Basis von Ultraschallimpulsen basiert, nutzt den „Doppler-Effekt“. Beim Doppler-Verfahren fungiert ein Ultraschallsensor sowohl als Sender als auch als Empfänger. Der in die Flüssigkeit gesendete Schallimpuls wird an Schmutzpartikeln oder Gaseinschlüssen im Medium reflektiert.

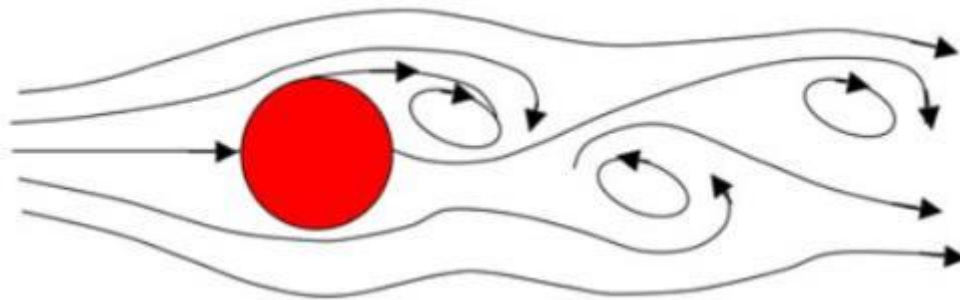
Entsprechend der Bewegung der reflektierenden Teilchen misst der Sensor eine Frequenzverschiebung zur ausgesandten Ultraschallfrequenz. Diese Frequenzverschiebung, die durch die Bewegung des reflektierenden Teilchens relativ zum Ultraschall-Empfänger verursacht wird, nennt man Dopplereffekt.

Wir kennen das physikalische Phänomen des Dopplereffekts aus dem täglichen Leben, z.B. vom Martinshorn, oder vom Auto- bzw. Motorradrennen. Entfernt sich das Fahrzeug, bemerkt man eine kleinere Frequenz, d.h. einen tieferen Ton; kommt es auf den Beobachter zu, ist eine höhere Frequenz und damit ein höherer Ton hörbar.

3.5. Messung mit Hilfe von Wirbelfrequenzmessern:



[62] Wirbelfrequenzmesser



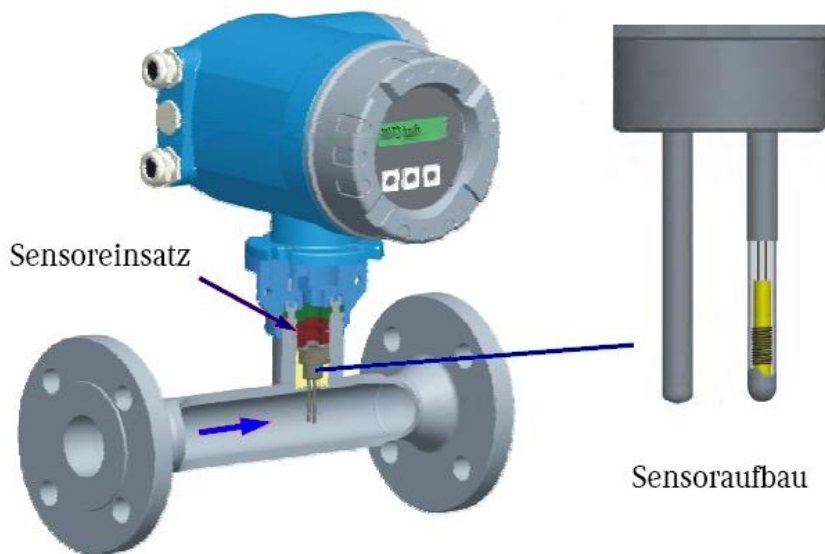
[63] Wirbelstraße

Hinter einem angeströmten Staukörper bilden sich abwechselnd auf beiden Seiten Wirbel mit entgegengesetztem Drehsinn. Diese Wirbel verursachen Druckschwankungen, die von Sensoren erfasst und in elektrische Impulse umgewandelt werden.

Die Wirbel bilden sich sehr regelmäßig aus, ihre Häufigkeit (Frequenz) ist abhängig von der Anströmgeschwindigkeit. Die Frequenz der Wirbelablösung ist daher proportional zum Volumenstrom.

Nach der Kalibrierung des Messgerätes vor Ort ist das Messsignal unabhängig von den Stoffeigenschaften. Es entsteht sofort ein digitales Messsignal, das sich linear mit dem Durchfluss ändert.

3.6. Messung mit Hilfe von thermischen Durchflussmessern



[64] thermische Durchflussmesser

Dieses Messprinzip wird vorzugsweise für die Durchflussmengenmessung von Gasen verwendet. In der Messstrecke strömt das Gas an zwei Widerstandsthermometern vorbei.

- Das erste Widerstandsthermometer misst die Temperatur des anströmenden Gases.
- Das zweite Thermometer wird so aufgeheizt, dass es immer eine konstante Temperaturdifferenz zur Prozesstemperatur hat.

Durch das anströmende Gas wird dem aufgeheizten Thermometer Wärme entzogen. Um dennoch die Temperaturdifferenz konstant zu halten, wird elektrisch nachgeheizt. Je größer der über das aufgeheizte Widerstandsthermometer strömende Massenstrom ist, desto stärker wird dieses gekühlt, desto größer ist der zur Aufrechterhaltung einer konstanten Temperaturdifferenz erforderliche Strom zur Nachheizung.