

Effiziente Messung von Gasdurchfluss mit Differenzdrucksensoren

Die Messung von Gasfluss ist bei Applikationen mit hohen Anforderungen an die Präzision und Kosteneffizienz, wie sie etwa in der Medizintechnik zu finden sind, eine Herausforderung. Dabei hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass mikrothermische Flusssensoren anderen Technologien klar überlegen sind. Dies vor allem aufgrund der hohen Langzeitstabilität und Genauigkeit bei kleinsten Flussraten und der Eignung zur kosteneffizienten und zuverlässigen Massenproduktion. Die Erfahrungen aus vielen Kundenapplikationen und Härte- tests für Produktzertifizierungen haben außerdem gezeigt, dass in den meisten Fällen eine Bypass-Konstruktion der Platzierung des Sensors im Direktfluss vorzuziehen ist.

Methoden der Gasflussmessung

Es gibt viele verschiedene Methoden, um Gasdurchfluss zu messen. Am weitesten verbreitet sind Messtechniken, die auf thermischen Prinzipien basieren. Im einfachsten Fall – dem Hitzdraht-Anemometer – wird die Abkühlung eines elektrisch beheizten Drahtes gemessen, dessen elektrischer Widerstand temperaturabhängig ist. Technisch fortgeschrittene Verfahren basieren auf einem Heizer und mindestens zwei Temperatursensoren, welche den Wärmetransport durch das Gas messen (siehe Bild 1). Von mikrothermischen Flusssensoren sprechen wir, wenn solche Sensorelemente auf nur wenigen Quadratmillimetern großen Mikrochips integriert werden.

Mikrothermische Flusssensorik

Mikrothermische Sensoren haben für viele Applikationen überragende

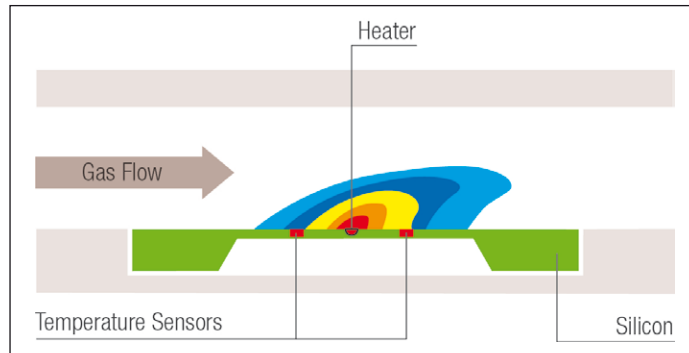


Bild 1: Thermisches Messprinzip

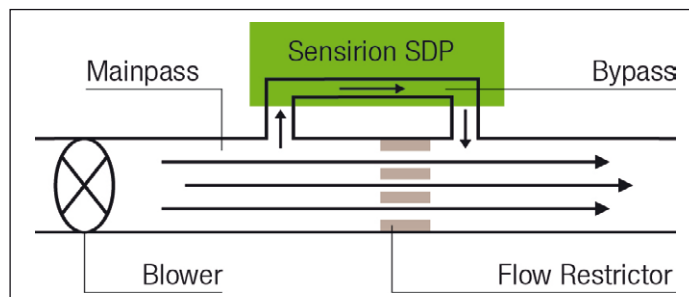


Bild 2: Bypass-Lösung

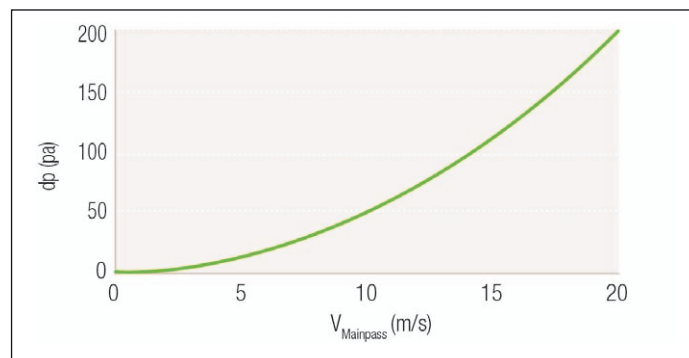


Bild 3: Druck-/Fluss-Charakteristik

Vorteile. Die geringe Sensorgröße und die Verwendung von standardisierten Produktionsverfahren aus der Halbleiterindustrie ermöglichen eine konstant hohe Produktionsqualität bei gleichzeitig moderaten Stückkosten. Moderne Sensorelemente messen außerdem deutlich präziser als klassische Hitzdraht-Anemometer und eine Glasbeschichtung über dem Sensorelement sorgt für Korrosionsresistenz. All diese Vorteile bringen großen Nutzen in Industriezweigen wie der Medizintechnik oder der Automobilindustrie.

Der direkte Kontakt mit dem Gas bringt bei thermischen Sensoren auch Herausforderungen mit sich. Weil die Flussgeschwindigkeit nur punktuell bestimmt wird, ist die Extrapolation auf den Gesamtfluss von der Geschwindigkeitsverteilung im Rohr abhängig. Diese ist wiederum von den Einlaufbedingungen beeinflusst: Eine Rohrbiegung kurz vor dem Sensor, unterschiedliche Beschaffenheiten der Rohrinnefläche oder Ecken und Kanten im Strömungskanal können das Messresultat teilweise verändern. Dazu kann bei stark verschmutzter Luft

die Messzelle verunreinigt werden. Um solchen Herausforderungen zu begegnen, wird der Sensorchip meist in einem Bypass platziert. Eine Blende, eine Venturi-Düse oder Lamellen erzeugen eine Druckdifferenz, welche einen kleinen Teil des Gasflusses durch einen Seitenkanal leitet (siehe Bild 2). Der mikrothermische Flusssensor sorgt dabei für hohe Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Stabilität, vor allem auch bei sehr kleinen Flussraten. Ein gutes Druckabfallelement im Bypass stellt sicher, dass der Differenzdruckaufbau weniger sensibel auf Veränderungen der Einlaufbedingungen reagiert.

Gutes Design einer Bypass-Lösung

Wie muss die Anordnung eines Bypass-Messverfahrens konstruiert werden, damit die gewünschten Resultate auch erreicht werden können?

Die Blende

Eine Blende hat die Aufgabe, den Widerstand des Gasflusses geringfügig zu erhöhen und dadurch einen Differenzdruck über der Blende zu erzeugen. Physikalisch geschieht dies auf zwei Arten. Erstens führen Reibungen zwischen dem Gas und den Wandflächen der Blende (Flächen parallel zum Fluss) zu einem Druckabfall, der linear mit dem Fluss zunimmt. Zweitens führen Stirnflächen und deren Kanten zu Turbulenzen und damit zu einem Druckabfall, der quadratisch mit dem Fluss zunimmt. In der Praxis sind Blenden immer eine Mischung von beiden Arten. Folglich ist ihre Druck/Fluss-Charakteristik eine Kombination aus linearen und quadratischen Anteilen (siehe Bild 3).

Welche der beiden Charakteristiken überwiegt, wird durch das Design der Blende bestimmt. Dabei ist in der Regel eine lineare Charakteristik zu bevorzugen, weil dies die Sensitivität bei kleinen Flüssen erhöht und den Nullpunkt stabilisiert, und bei hohen Flussraten den Druckabfall kleiner hält. Als grobe Regel gilt, dass eine Blende

Autor:

Andries Bosma,
Product Manager Gas Flow/
Differential Pressure

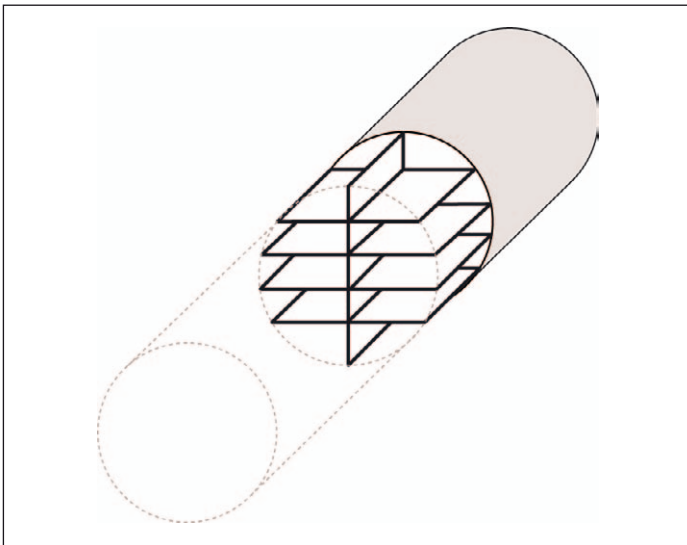


Bild 4: Skizze Blende

aus möglichst viel Wand- und möglichst wenig Stirnfläche bestehen soll. Als einfaches und gut geeignetes Design hat sich eine Anordnung von Lamellen wie in Bild 4 herausgestellt, das einfach im Spritzguss hergestellt werden kann und eine eher lineare Fluss/Differenzdruck-Charakteristik aufweist.

Flussabgriff

Dank der Massenträgheit hat es im Bypass generell weniger Staubpartikel als im Hauptkanal. Ein geeignetes Design der Abgriffköcher verbessert dies zudem nochmals wesentlich. Der Abgriffkanal sollte rückwärtsgerichtet sein, so dass das Gas um mehr als 90° drehen muss, um zum Sensor zu gelangen. Idealerweise hat das Loch beim Abgriff einen Durchmesser von 0,6 mm. Zudem halten Führungslamellen den Fluss vor dem Abgriff stabil und laminar und verringern damit das Rauschen des Messsignals (siehe Bild 5).

Einlaufbedingungen

Auch wenn die Flussmessung im Bypass-Verfahren weniger sensibel auf Veränderungen der Einlassbedingungen reagiert, ist es sinnvoll, diese Bedingungen beim Produktdesign zu berücksichtigen. Idealerweise hat es im Rohr unmittelbar vor der Messstelle keine scharfen Kurven oder Kanten und keine abrupten Änderungen des Rohrquerschnitts. Ausserdem kann ein über dem Gesamtdurchmesser gleichmäßig verteilter Flusswiderstand (z.B. ein Sieb) vor dem Sensor helfen, Tur-

bulenzen und unerwünschte Einflüsse der Einlassbedingungen zu stabilisieren.

Sensorwahl

Mit dem richtigen Sensor ist die Flussmessung im Bypass das verlässlichste und zudem kostengünstige Messverfahren. Differenzdrucksensoren sind aus verschiedenen Gründen ideal auf das entsprechende Anforderungsprofil abgestimmt.

- Eine kleine Baugröße hilft, den Bypass und damit den Platzbedarf für die Flussmessung klein zu halten.
- Durchflussbasierte thermische Differenzdrucksensoren haben eine sehr gute Empfindlichkeit und eine hohe Stabilität um den Nullpunkt. Dadurch kann ein sehr weiter Messbereich erreicht wer-

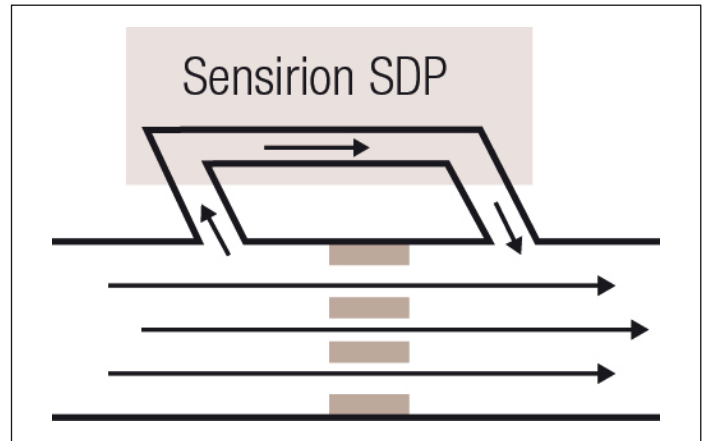


Bild 5: Flussabgriff

den (hoher Dynamikumfang oder hoher Turn-Down-Ratio).

- Die Sensoren sind trotz thermischem Durchflussmessverfahren so kalibriert, dass sie den angelegten Differenzdruck messen. Die Sensoren sind damit problemlos auswechselbar.
- Sensirion bietet eine Temperaturkompensation, die auf die spezifischen Gegebenheiten der Bypass-Gasflussmessung optimiert ist (siehe weiterführende Informationen).

Die beiden letztgenannten Eigenschaften bieten einen weiteren Vorteil. Bei gutem Design und hinreichender Produktionsgenauigkeit des Hauptkanals kann in vielen Fällen auf eine Endkalibration des Gesamtsystems verzichtet werden. Der Sensor wird kalibriert und temperaturkompensiert geliefert, weshalb es in vielen Fällen genügt, eine Stichprobenkontrolle der Blenden durchzuführen.

Zusammenfassung

Um Gasdurchfluss mit hoher Genauigkeit, Robustheit und Konstanz bei gleichzeitig geringen Kosten zu messen, eignet sich meistens eine Differenzdruck-, respektive Bypass-Lösung, am besten. Verglichen mit Messverfahren im Direktfluss können die Auswirkungen der Einflussbedingungen so reduziert und die Sauberkeit des Gases über dem Sensor deutlich erhöht werden.

Wählt man zudem einen thermischen Differenzdrucksensor, so kann man dank dessen hoher Genauigkeit bei kleinsten Flussraten auch um den Nullpunkt äußerst präzise messen. Die Kalibrierung des Sensors auf Differenzdruck und die geeignete Temperaturkompensation erübrigt in vielen Fällen eine zusätzliche Kalibration der gesamten Messstrecke.

■ Sensirion AG
www.sensirion.com

Weiterführende Informationen

Differenzdrucksensor mit Massenfluss-Temperaturkompensation

Die sogenannte Massenfluss-Temperaturkompensation von Differenzdrucksensoren vereinfacht das Messen von Gasdurchfluss im Bypass-Prinzip. Die im Sensor integrierte Kalibration ist dabei so ausgelegt, dass damit Flüsse über den gesamten Temperaturbereich korrekt gemessen werden können. Das heißt, die Umrechnung des Differenzdruckausgangssignals in Massen- oder Volumenfluss bedarf keiner zusätzlichen Temperaturkompensation. Der Anwender erspart sich damit eine aufwendige Charakterisierung des Bypass-Systems über verschiedene Fluss-/Temperaturmesspunkte.

Differenzdrucksensor SDP3x

Sensirions neuer Differenzdrucksensor überzeugt mit unglaublich kleiner Größe. Der Sensor misst gerade mal 8 x 5 x 5 mm und ermöglicht damit unzählige neue Anwendungen.

Außerdem bietet der SDP3x herausragende Genauigkeit und Langzeitstabilität und hat keinen Nullpunktdrift. Weiter ist der SDP3x reflow-lötbar, bietet neue Funktionen wie mehrfache I²C-Adressen oder Interrupt-Funktionen, und hat eine sehr schnelle Ansprechzeit von 2 kHz bei einer 16 bit Auflösung. All dies macht Sensirions neuen Differenzdrucksensor zur perfekten Wahl bei hochvolumigen aber kosten-sensitiven Anwendungen.