

DURCHFLUSSMESSER DIE GRUNDLAGEN

E-BOOK

I

Erfahren Sie mehr
über Durchflussmesser
in 6 Schritten

www.bronkhorst.com

INDEX

ZuSammenfassung	3
Warum gibt es dieses E-Book?	3
Teil Eins / Was ist ein Durchflussmesser?	4
Teil Zwei / Wie funktioniert ein Durchflussmesser?	5
Teil Drei / Wie wählen Sie den richtigen Durchflussmesser?	6
Fluidphase: Gas/Flüssigkeit/Dampf	6
Für welches Medium verwenden Sie den Durchflussmesser?	6
Wie hoch ist die Durchflussmenge?	6
Wie hoch ist der Eingangs- und Ausgangsdruck?	7
Wie hoch ist die Umgebungstemperatur und die Temperatur des Fluids?	7
Wo wird der Durchflussmesser installiert?	7
Teil Vier / Was wollen Sie mit Ihrem Durchflussmesser erreichen?	8
Performance versus Preis	8
Flexibler Einsatz	8
Genauigkeit versus Wiederholgenauigkeit eines Durchflussmesser	9
Teil Fünf / Welche Prozessbedingungen können relevant sein?	10
Teil Sechs / Beispiele für Anwendungen, in denen Durchflussmesser eingesetzt werden	11

ZUSAMMENFASSUNG

Warum gibt es dieses E-book?

Benötigen Sie einen Durchflussmesser für Ihre Anwendung? Dann sollte Ihnen klar sein, welche Faktoren bei der Auswahl eines solchen Sie in Betracht ziehen sollten.

Bevor Sie mit einem Versuchsaufbau starten oder eine Testanlage für Ihre Kunden fertigen, ist es unabdingbar, dass Ihr System bzw. Ihre Anlage einwandfrei funktionieren. Eines der Schlüsselemente ist häufig ein Durchflussmesser.

Um das richtige Instrument auszuwählen, sollten einige Schritte vor Ihrer Entscheidung bedacht werden.

Wir haben dieses E-Book für Sie erstellt um zu erklären, wie ein Durchflussmesser funktioniert, an welcher Stelle er genutzt werden kann und unter welchen Gesichtspunkten das richtige Gerät für Ihre Anwendung ausgewählt wird.

Viel Spaß beim Lesen

TEIL EINS

Was ist ein Durchflussmesser?

Ein Durchflussmesser ist ein Instrument, das den Massen- oder Volumendurchfluss eines Gases oder einer Flüssigkeit misst.

Sie sind sicher schon auf eine Vielzahl von Begriffen gestoßen, die sich auf einen Durchflussmesser beziehen, wie z. B. Durchflusssensor, Massendurchflussmesser, Volumenstrommesser oder auf diverse Abkürzungen wie MFC, MFM, MDM usw.

Der Zweck eines Durchflussmessers besteht im Wesentlichen darin, den Durchfluss von Gas oder Flüssigkeit zwischen zwei Punkten in einem Prozess zu messen. Manchmal ist es notwendig, den Durchfluss zu steuern oder zu regeln.

Dies geschieht durch die Kombination eines Durchflussmessers mit einem Regelventil, wodurch ein Durchflussregler entsteht. In diesem Fall können Sie nicht nur den Durchfluss messen, sondern die gewünschte Menge des in den Prozess zu bringenden Mediums regeln.

Das Ergebnis ist die volle Kontrolle über Ihren Prozess; das Verständnis über die vorliegenden Vorgänge steigt und Entscheidungen in Bezug auf Produktqualität, Prozessgeschwindigkeit und Kostensenkung können leichter umgesetzt werden.



TEIL ZWEI

Wie funktioniert ein Durchflussmesser?

Es gibt zwei grundlegende Arten der Messung von Fluiden - die Volumen- und Massendurchflussmessung. Die Messung des Volumendurchflusses ist temperatur- und druckabhängig und wird in Volumeneinheiten wie ml/min oder m³/h angegeben. Bei der Messung des Massendurchflusses werden Masseeinheiten wie kg/h oder g/min angegeben. Alternativ kann der Massendurchfluss auch als standardisiertes Volumen ausgedrückt werden, z.B. mls/min oder m³n/h. Sie können sich also entweder für einen Volumendurchflussmesser oder einen Massendurchflussmesser für Ihre Anwendung entscheiden.

Neben diesen beiden Arten der Messung gibt es verschiedene Messprinzipien, die alle ihre spezifischen Vor- und Nachteile haben.

Dies sind die meistgenutzten Prinzipien der Massendurchflussmessung:

- Thermisches Messprinzip; innerhalb dieser Kategorie unterscheiden wir drei Sensorprinzipien:

Bypass-Prinzip für Gase

Inline (CTA) für Gase

Inline-CTA für Flüssigkeiten

- Coriolis-Messprinzip

Dies sind die meistgenutzten Prinzipien der Volumendurchflussmessung:

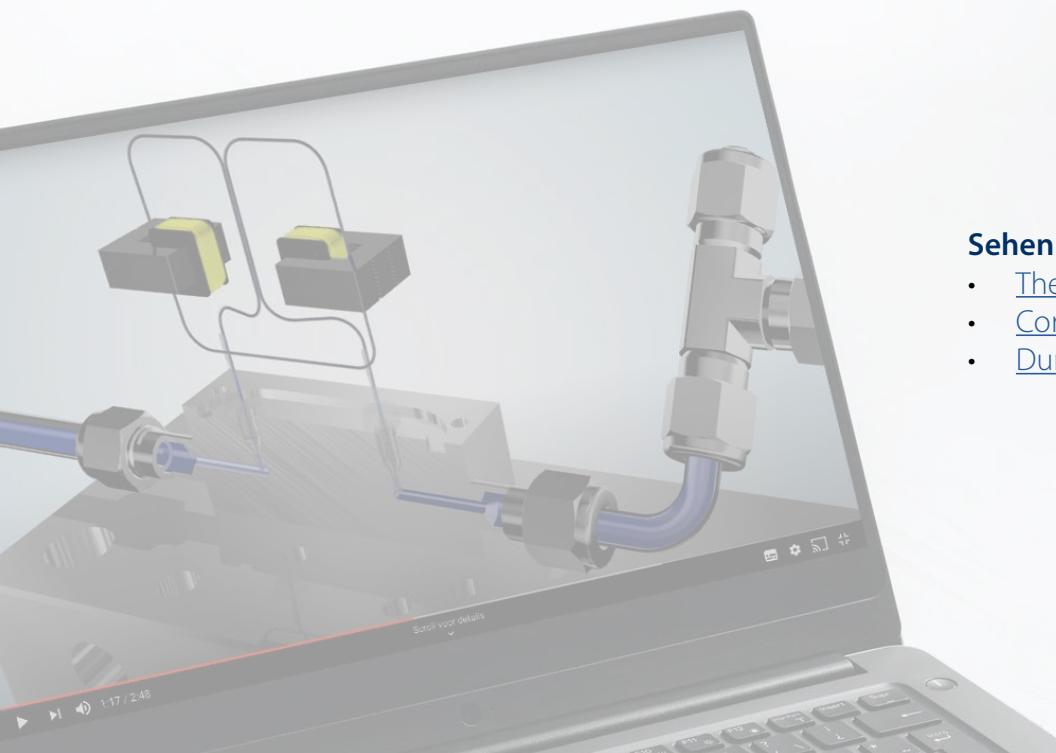
- Durchflussmessung mit Ultraschall
- Vortex
- Magnetisch induktiv
- Differenzialdruck
- Positive Verdrängung

Einige Durchflussmesser sind für Gas, andere speziell für Flüssigkeiten entwickelt worden. Es gibt auch Durchflussmesser auf dem Markt, die unabhängig von den Eigenschaften des Mediums sind und daher sowohl mit Gas als auch mit Flüssigkeiten umgehen können.

Auf unserer Website finden Sie eine Glossar-Seite, in der Sie viele Begriffe und Abkürzungen finden, die im Bereich der Durchflussmessung gebräuchlich sind.

Sehen Sie hier das Video an:

- Thermisches Messprinzip
- Coriolis-Messprinzip
- Durchflussmessung mit Ultraschall



TEIL DREI

Wie wählen Sie den richtigen Durchflussmesser?

In diesem Abschnitt werden wir einige der wesentlichen Elemente erörtern, die in den Entscheidungsprozess bei der Auswahl eines Durchflussmessers einfließen. Dabei gehen wir auch auf die Unterschiede zwischen den verschiedenen Messprinzipien ein. Lesen Sie im Folgenden, worauf Sie bei der Auswahl eines Durchflussmessers achten sollten.

Fluidphase: Gas/Flüssigkeit/Dampf

Einige Durchflussmesser können leicht ausgeschlossen werden, weil sie für die Anwendung einfach nicht geeignet sind. Magnetisch-induktive Durchflussmesser funktionieren zum Beispiel nicht mit Kohlenwasserstoffen und benötigen eine leitfähige Flüssigkeit, um zu funktionieren. Viele Durchflussmesser können keine Dämpfe oder Schlämme messen.

Nachfolgend sind einige der wichtigsten Durchflussmesserkategorien in Verbindung mit der Art des Mediums aufgeführt, die die Messgeräte verarbeiten können:

- Gas – Coriolis-Masse, thermische Masse, Ultraschall, variable Fläche, variabler Differenzdruck, positive Verdrängung, Turbine
- Flüssigkeit – Coriolis-Masse, thermische Masse, Ultraschall, variabler Differenzdruck, positive Verdrängung, Turbine, elektromagnetisch
- Schlamm – Coriolis-Masse, einige Untergruppen von variablem Differenzdruck, elektromagnetisch, Ultraschall
- Dampf – Wirbel, Ultraschall, Membrane, schwimmendes Element

Für welches Medium verwenden Sie den Durchflussmesser?

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Mediums können das Material des Durchflussmessers und damit die Funktionsweise des Geräts beeinflussen.

Üblicherweise werden die folgenden medienberührten Teile (Teile, die dem Medium ausgesetzt sind oder direkt mit ihm in Kontakt stehen) angeboten:

- Aluminium
- Edelstahl
- Hastelloy
- Monel in Kombination mit Elastomer Dichtungen aus Viton (FKM), Kalrez (FFKM) oder EPDM

Bitte beachten Sie, dass MEMS- oder CMOS-(Chip-)Sensoren, die in einigen [Gasdurchflussmessern](#) eingesetzt werden, nur für eine begrenzte Anzahl nicht-aggressiver Gasarten geeignet sind.

Ein weiterer Aspekt, den Sie berücksichtigen müssen, ist die Viskosität der Flüssigkeit, die Dichte und die Dispersion (Feststoffanteil).

Wie hoch ist die Durchflussmenge?

Die Durchflussmenge ist in der Regel die wichtigste Angabe, die bei der Auswahl eines Durchflussmessers zu berücksichtigen ist. Die Flüssigkeitsmenge kann in Volumen-, standardisierten Volumen- und Masseneinheiten angezeigt werden. Die Durchflussrate ist die Fluidmenge pro Zeiteinheit, die durch ein Messgerät fließt.

In diesem Blog erfahren Sie, [warum es wichtig ist, die Referenzbedingungen zu kennen](#), mit denen Sie arbeiten. In der Regel werden in den Gerätespezifikationen die Durchflüsse unter Referenzbedingungen angegeben, um dem Anwender den Vergleich zu erleichtern. In den Gerätespezifikationen wird meist der minimale und maximale Messbereichsendwert einer Produktserie angegeben. Dieser sollte Ihren Prozessanforderungen entsprechen.



Wie hoch ist der Eingangs- und Ausgangsdruck?

Bei der Auswahl eines Durchflussmessers ist es wichtig zu wissen, ob Sie einen niedrigen Druckabfall benötigen oder nicht. Der Druckabfall ist definiert als die Differenz zwischen dem Eingangs- und dem Ausgangsdruck. Darüber hinaus haben Durchflussmesser einen maximalen Betriebsdruck. Wenn Sie eine Hochdruckanwendung haben, müssen Sie diesen Druckwert berücksichtigen.

Im Falle einer Massendurchflussregelung werden der Eingangsdruck (P1) und der Ausgangsdruck (P2) für die Auswahl und Dimensionierung des am besten geeigneten Regelventils benötigt.

Wie hoch ist die Umgebungstemperatur und die Temperatur des Fluids?

Die Temperatur des Mediums und der Umgebung des Geräts sind die nächsten Punkte auf der Liste der zu prüfenden Parameter.

Schwankungen der Mediumstemperatur können die Genauigkeit Ihrer Messung beeinträchtigen. Im Falle von Temperaturschwankungen könnte es interessant sein, einen [Durchflussmesser mit Temperaturkompensation](#) zu wählen (z.B. Durchflussmesser der [FLEXI-FLOW](#) oder [EL-FLOW Prestige](#)-Reihe).

Zu hohe oder zu niedrige Umgebungstemperaturen können auch die elektronischen Komponenten Ihres Durchflussmessers während des Betriebs oder der Lagerung beschädigen. Wenn Sie ein Durchflussmessgerät in einem Ofen, Brenner oder in Bereichen mit sehr niedrigen Temperaturen einsetzen, ist es wichtig zu prüfen, ob das Gerät diesen Temperaturen standhalten kann. Prüfen Sie daher vor der Auswahl Ihres Durchflussmessers die vom Lieferanten angegebenen Temperaturspezifikationen.

Wo wird der Durchflussmesser installiert?

Bei der Auswahl Ihres Durchflussmessers müssen Sie berücksichtigen, wo Sie ihn installieren. Sei es in Innenräumen, im Freien, in einem Labor oder für eine bestimmte Branche. Für Laboratorien gelten andere Spezifikationen als für die Öl- und Gasindustrie. Beachten Sie eventuell geforderte Schutzklassen oder Zertifizierungen:

- [IP-Schutzart](#)
- [NEMA](#)
- Eignung zum Einsatz in explosionsgefährdeter Umgebung, wie zum Beispiel: ATEX- oder IECEx
- FDA- oder AAA-Zulassung

Sehen Sie sich die Liste der für unsere Bronkhorst-Durchflussmesser verfügbaren [Zertifikate](#) an.



TEIL VIER

Was wollen Sie mit Ihrem Durchflussmesser erreichen?

Bei der Auswahl Ihres Durchflussmessers müssen Sie sich überlegen, was in Ihrem Prozess wichtig ist. Was wollen Sie erreichen?

Performance versus Preis

Die häufigsten Kriterien für die Auswahl eines Durchflussmessers sind Preis und Leistung. Wenn Sie den Preis an die erste Stelle Ihrer Kriterien setzen, werden Sie wahrscheinlich ein einfaches Gerät mit Basisfunktionalitäten erhalten.

Neben dem Preis der Komponente sollten auch die Kosten für Installation, Wartung und Reparaturen in die Berechnung der Gesamtbetriebskosten einbezogen werden. Auch die Betriebskosten des Messgeräts, z.B. der Stromverbrauch, können die Gesamtkosten des Durchflussmessers erhöhen.

Flexibler Einsatz

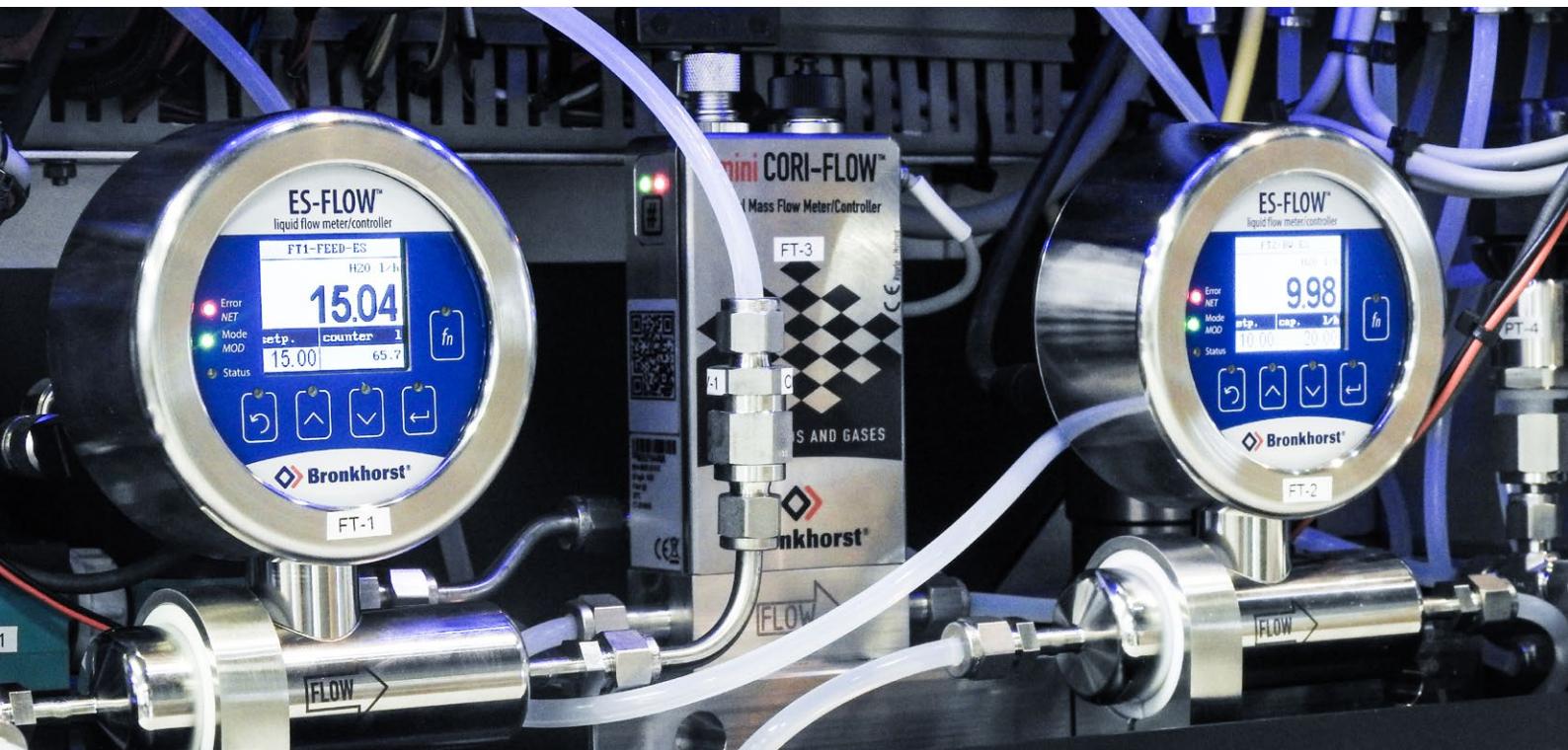
Manchmal ist es sinnvoll, einen Durchflussmesser auszuwählen, der in mehreren Anwendungen eingesetzt werden kann. Wenn Sie ein Messgerät für ein Forschungsprojekt benötigen und wissen,

dass in Zukunft weitere Projekte folgen werden, bei denen die zu verwendeten Medien und Betriebsparameter noch nicht feststehen, kann es von Vorteil sein, einen Durchflussmesser zu wählen, der medienunabhängig ist und außerdem einen großen Durchflussbereich hat.

Wenn Sie eine Anwendung mit starken Schwankungen im Durchfluss haben, bevorzugen Sie wahrscheinlich einen Durchflussmesser mit einem großen Messbereich (auch Turndown oder Turndown-Ratio genannt). Dieser gibt den Bereich an, in dem ein Durchflussmesser oder Durchflussregler das Medium genau messen kann. Die Messbereichsdynamik wird in als Verhältniswert angegeben und mit einer einfachen Formel berechnet:

Turndown-Ratio = maximaler Durchfluss / minimaler Durchfluss.

Lesen Sie mehr über Turndown-Ratio in unseren [FAQs](#).



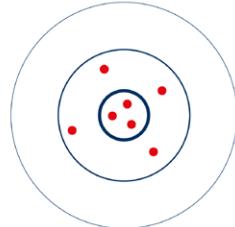


Absolute Genauigkeit versus Wiederholgenauigkeit des Durchflussmessers

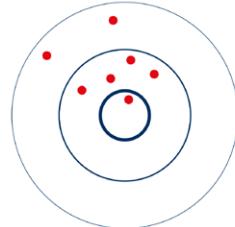
Die Spezifikationen zur Genauigkeit des Durchflussmessers sollten vor Beschaffung feststehen. Wichtig ist dabei zwischen absoluter Genauigkeit und Wiederholgenauigkeit zu unterscheiden. Je nach Prozess kann nur eine der genannten oder beide von Bedeutung sein.

Absolute Genauigkeit des Durchflussmessers
Die Genauigkeit gibt an, wie nah die Messung am wahren Wert liegt. Bei Durchflussmessern werden die gemessenen Abweichungen oft in einem Kalibrierungszertifikat angegeben. Sie wird als Prozentsatz ausgedrückt, z.B. $\pm 1\%$. Nicht alle Durchflussmesser bieten die gleiche Genauigkeit, und nicht alle Anwendungen erfordern die höchstmögliche Genauigkeit. Dennoch ist die absolute Genauigkeit in der quantitativen Forschung und Entwicklung oder bei katalytischen Anwendungen wichtig.

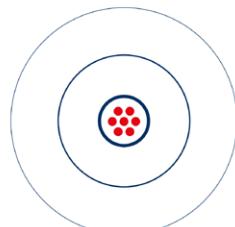
Wiederholgenauigkeit eines Durchflussmessers
Wiederholgenauigkeit bedeutet, dass unter gleichen Bedingungen das gleiche Ergebnis erzielt wird. Mit anderen Worten, ein Durchflussmesser sollte unter den gleichen Variablen und Bedingungen die gleichen Messwerte liefern. Auch dies wird in \pm Prozent ausgedrückt
Wiederholgenauigkeit ist z.B. Brenneranwendungen wichtig, um stöchiometrische Bedingungen zu gewährleisten.



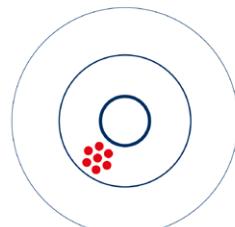
Accurate + Non-repeatable



Inaccurate + Non-repeatable



Accurate + Repeatable



Inaccurate + Repeatable

TEIL FÜNF

Welche Prozessbedingungen können relevant sein?

Reinigung

In der [Lebensmittel- und Getränkeindustrie sowie in der pharmazeutischen Industrie](#) ist die Reinigung der Geräte wichtig, um Kreuzkontaminationen oder mikrobiologisches Wachstum zu vermeiden. Clean-in-Place (CIP) ist eine Methode zur Reinigung der Innenflächen von Rohren, Behältern, Geräten, Filtern und Armaturen. Ein typischer CIP-Zyklus besteht aus verschiedenen Schritten, darunter das Waschen mit Reinigungsmitteln und Säuren bei Temperaturen von bis zu 95°C.

Steam-in-place, auch als Sterilisation-in-place (SIP) bezeichnet, besteht aus einer Phase, in der das Instrument mit gesättigtem Dampf bei einer Temperatur von bis zu 140°C sterilisiert wird. Nicht alle Durchflussmesser sind für diese Reinigungsmethoden geeignet, daher ist dies ein wichtiger Faktor, den es zu berücksichtigen gilt. Bitte beachten Sie auch, dass auf diesen Märkten häufig auch FDA-zugelassene Dichtungen verwendet werden müssen.

Verfügbarer Platz

Ist der Platz in Ihrem Prozess begrenzt? Dann wählen Sie einen Durchflussmesser, der kompakt ist und keine Einlauf- oder Auslaufstrecke benötigt. Es gibt ultrakompakte Durchflussmesser auf dem Markt, die auf der MEMS-Technologie basieren (Gasdurchflussmesser und -regler der [IQ+FLOW](#)-Reihe).

Montage des Durchflussmessers

Vor der Auswahl eines Durchflussmessers ist es wichtig zu prüfen, wo und wie das Gerät in Ihrer Anlage angebracht werden soll. Die Genauigkeit einiger Geräte wird durch die Einbaulage stärker beeinflusst als die anderer.

Andere relevante Aspekte in Bezug auf die Montage von Durchflussmessern können Störungen durch Vibrationen, Übersprechen, Druckstöße und die Auswirkungen von Bögen, Ventilen und Verringerungen des Rohrdurchmessers vor und hinter den Geräten sein. Diese Auswirkungen können auch je nach Funktionsweise variieren.

Art der Kommunikation

Prüfen Sie, ob Sie einen digitalen oder analogen Durchflussmesser benötigen. Außerdem müssen Sie wissen, welche Art der Kommunikation in Ihrem Prozess verwendet wird. Beliebte Feldbus-Kommunikationsarten sind Profinet, EtherCAT, CANopen, Ethernet/IP und POWERLINK, aber auch die etablierteren Versionen wie Modbus, Profibus und DeviceNet können integriert werden. Es besteht auch die Möglichkeit, eine herstellereigene Feldbuskommunikation zu verwenden, wie z.B. den [FLOW-BUS](#) von Bronkhorst. Dies hat den Vorteil eines einfachen und kostengünstigen Netzwerkaufbaus, der auf gängige Schnittstellen wie RS232, Profinet und Profibus übertragen werden kann.

Feuchte

Durchflussmesser können mehr oder weniger empfindlich gegenüber Feuchtigkeit oder Partikeln sein. Eine geeignete Filterung zum Schutz Ihrer Messgeräte kann eine gute Investition sein, wodurch sich Kosten für die Reinigung und Reparatur des Messgerätes vermeiden lassen. Weiterhin kommt es hierdurch zu weniger Unterbrechungen Ihres Prozesses, welche meist den Verlust von Rohstoffen, Ressourcen und Ertrag mit sich bringen.



TEIL SECHS

Beispiele für Anwendungen, in denen Durchflussmesser eingesetzt werden

Durchflussmesser werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt.

Hier sind einige Beispiele:

- [Durchflussmesser für die Gaschromatographie](#)
- [Durchflussmesser für medizinische Anwendungen](#)
- [Durchflussmesser, die in der weltweiten Automobilindustrie eingesetzt werden](#)
- [Durchflussmesser, die in der Lebensmittelindustrie bei der Verarbeitung von Zuckerrüben eingesetzt werden](#)
- [Durchflussmesser für die Wasseraufbereitung](#)

Danke fürs lesen

Benötigen Sie Unterstützung?
Kontaktieren Sie uns!



www.bronkhorst.com