



Vortex-Strömungssensoren VA

Sonden · Sondenverlängerungen · Sondenführungsteile



Strömung · Durchfluss
auch kombiniert mit
Temperatur · Druck



Das Messprinzip

Das Messprinzip - abgeleitet vom Karman'schen Phänomen der Wirbelablösung - beruht darauf, dass sich an einem Hindernis oder Stab in einer Strömung Wirbel ablösen, wobei die Wirbelablösefrequenz ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit ist.

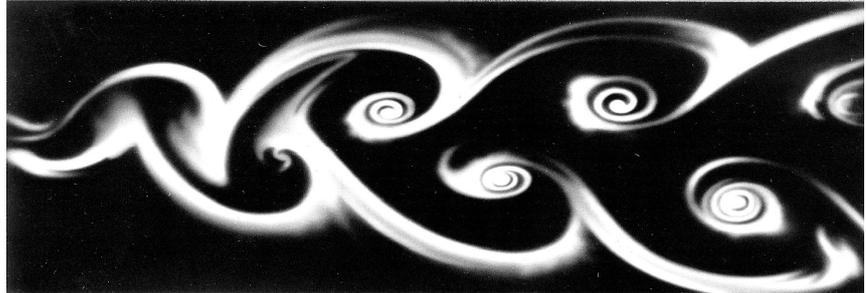


Abb.: Wirbelstraße; Wirbel, englisch:

Die Strömungswirbel werden durch Ultraschall abgetastet. Dadurch können im Vergleich zu anderen Abtastmethoden kleinere Strömungsgeschwindigkeiten gemessen und größere Messspannen erzielt werden.

Die Strömungswirbel modulieren den Ultraschallstrahl zwischen einem Ultraschallsender und -empfänger. Aus der Demodulation ergibt sich die Wirbelfrequenz.

Ein sehr hoch einzuschätzender Vorteil des Messprinzips liegt - bei Messbetrieb im Rahmen der jeweiligen Spezifikationen - in der Unabhängigkeit von Dichte, Druck und Temperatur des Messmediums begründet.

Vortex-Strömungssensoren haben keine beweglichen Teile. Sie sind auch unter rauen Bedingungen hervorragend dauerstandfest, exzellent wiederholgenau, langzeitstabil, überlastsicher und austauschbar. Die Messwerterfassung ist praktisch trägheitsfrei. Die Leitungslänge zwischen Sensor und elektronischer Auswerteelektronik kann mehrere hundert Meter betragen.

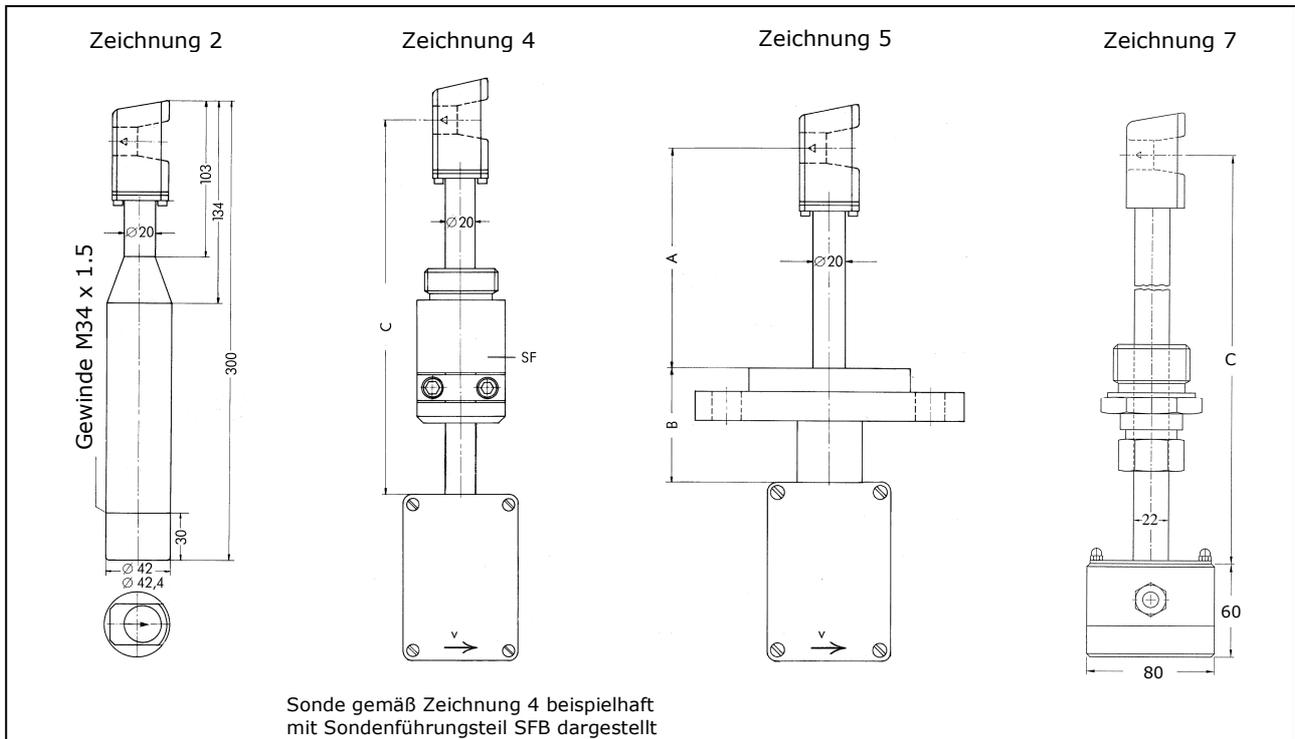
TÜV-eignungsgeprüft

zur kontinuierlichen Messung des Abgasvolumenstroms bei genehmigungspflichtigen Abluft-, Müllverbrennungs- und Großfeuerungsanlagen nach TA-Luft, 13. und 17. BImSchV.

Sensorarten mit Vortex-Strömungssensoren VA

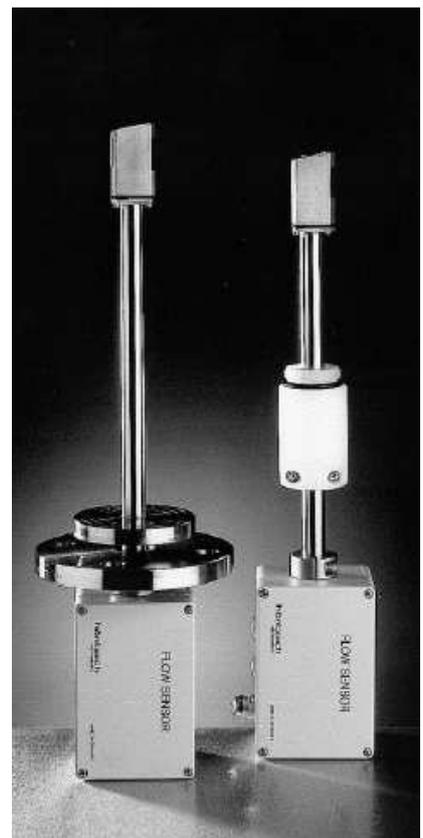
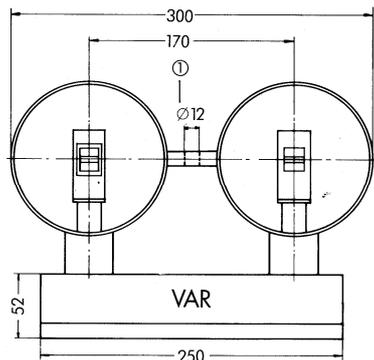
- v-Sensoren zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit v: VA
- vt-Sensoren zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit v und auch der Temperatur t: VAT
- v-Sensoren \pm strömungsrichtungserkennend: VAR
- v-Sensoren VA auch in Ex-Ausführung Ex ia IIC T6 für Kategorie 1/2G (Zone 0/1), 1/2D (Zone 20/21) und 2G (Zone 1)
- v-Sensoren VAR auch in Ex-Ausführung für Kategorie 3G (Zone 2) und 3D (Zone 22)





Bauformen Sonden VA

- verlängerbare Sonden VA40 nach Zeichnung 2 sind zum Eintauchen in Messstoffe bei größeren Eintauchtiefen, größer als beispielsweise 1 m, bestimmt. Sie können - zusammengeschaubt mit Verlängerungsrohren - zur Bestimmung der optimalen Messposition bewegt werden.
- Sonden fester Länge VA40 nach Zeichnung 4 sind zum Eintauchen in Messstoffe bei Eintauchtiefen bis zu beispielsweise 1,5 m bestimmt. Auch sie können zur Bestimmung der optimalen Messposition bewegt werden.
- Sonden fester Länge VA40/22 nach Zeichnung 7 sind zum Eintauchen in Messstoffe bei Eintauchtiefen bis zu 1 m bestimmt. Auch sie können zur Bestimmung der optimalen Messposition bewegt werden.
- Sonden fester Länge VA40 nach Zeichnung 5 sind zum Eintauchen in Messstoffe bei kleineren bis mittleren Eintauchtiefen bestimmt. Die Messposition ist durch Rohr-Innendurchmesser und Flansch-Stutzenlänge festgelegt.
- ± strömungsrichtungs-erkennende Vortex-Strömungssensoren VAR sind beispielsweise zur Messung der Strömung in Autotunneln und Deponiestollen geeignet.



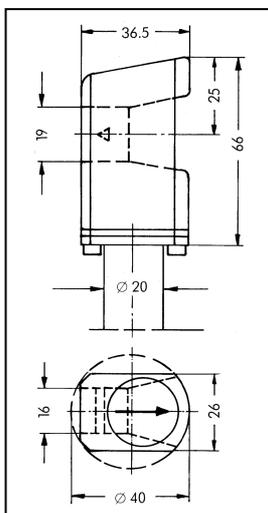


Typologie der Vortex-Sonden VA40

Sensortyp

VA Vortex-Strömungssensor, v-Sensor mit 3 Anschlussleitungen

VAT Vortex-Strömungssensor mit integriertem Temperaturfühler PT100, vt-Sensor: v-Sensor VA mit 3 Anschlussleitungen, t-Sensor PT 100, DIN IEC751, Toleranz 1/3 Klasse B, in 4-Leiterschaltung



Eckenmaß

Sensoren VA40 haben eine strömungsgünstige Rechteckform mit Eckenmaß 40 mm. Sie benötigen daher zum Einführen in Rohrleitungen oder Kanäle Einführöffnungen mit einem Lochdurchmesser größer als 40 mm.

Durchmesser Sondenrohr ab Sensor

Das Anschlussrohr aller Vortex-Strömungssensoren VA40 hat, beginnend am Sensorgehäuse, einen Durchmesser von 20 mm. Sonden VA40 nach Zeichnung 2 weiten sich ca. 40 mm nach dem Sensorgehäuse auf und haben dann einen Durchmesser von 42 mm bzw. 42,4 mm. Der Vorteil dieses Sondentyps ist es, dass sich auch das Sensorgehäuse durch die Bohrung eines Sondenführungsteils oder Kugelhahns mit Durchmesser 42 mm bzw. 42,4 mm durchführen lässt. Sonden VA 40/42 haben ein Anschlussgehäuse, an das Sondenrohre zum Zwecke der Sondenverlängerung angeschraubt werden können.

| | | | | |
|--------------|----------|-------------|-----|-----|
| VA 40/20-300 | GL 40m/s | 240 | /p3 | ZG5 |
| VA 40/20-500 | GT 60m/s | 100 | /p3 | ZG4 |
| VAT 40/42 | GE 40m/s | 180-2/p3/Ex | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sensor | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Eckenmaß in mm | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Durchmesser Sondenrohr ab Sensor in mm | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Länge Sondenrohr in mm wenn nicht verlängerbar | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Messstoff G = Luft/Gase | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Werkstoffe E = Edelstahl T = Titan H = Hastelloy L = Tantal | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Messbereichsendwert | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Temperaturbeständigkeit | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Kabellänge in m bis Kabelverstärker | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Überdruckbeständigkeit | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schutzart | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Bauform nach Zeichnung ZG ... | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

Werkstoff Sensor

| | | |
|--------------------|--------------|------------------------|
| E Edelstahl | | |
| Sensorgehäuse | 1.4581 | Keramik |
| Anschlussrohre | 1.4571 | |
| Dichtungsteile | VITON® | |
| T Titan | | |
| Sensorgehäuse | Titan 3.7161 | Keramik |
| Anschlussrohre | Titan | |
| Dichtungsteile | VITON® | |
| H Hastelloy | | |
| Sensorgehäuse | Hastelloy C4 | Hastelloy C22, Keramik |
| Anschlussrohre | Hastelloy | |
| Dichtungsteile | VITON® | |
| L Tantal | | |
| Sensorgehäuse | Tantal | Keramik |
| Anschlussrohre | Tantal | |
| Dichtungsteile | VITON® | |

Die Werkstoffauswahl ist mit Blick auf die gewünschte Aggressionsbeständigkeit zu treffen. Anstatt Standard-Dichtungswerkstoff VITON® ist auf Anfrage KALREZ® oder - für Niedrigtemperaturen - auch SILIKON lieferbar.

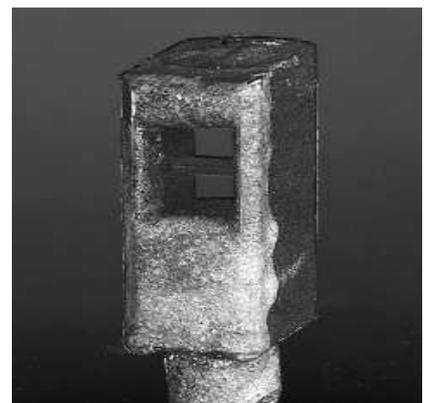
Messstoff

G Luft/Gase

Vortex-Strömungssensoren VA40 sind primär für Messungen in einphasigen gasförmigen Strömungen bestimmt: Luft, Gasgemische mit Luft, Sauerstoff oder Stickstoff als dominantem Bestandteil, Methan, Erdgas, Fackelgas, Ammoniak, Argon, Kohlenmonoxid, Wasserdampf ... Geringe Anteile von Chlorgas, Fluor, Helium, Wasserstoff ... sind zulässig. Nicht geeignet sind jedoch Gasgemische mit dominantem Anteil von Chlorgas, Fluor, Helium, Wasserstoff ...

Verunreinigungen der Messgase

durch Feststoffe bewirken keine Beeinträchtigung der Messung solange sich keine Abrasion ergibt. Im Vergleich zu den Flügelrad-Strömungssensoren von Höntzsch kann mit Vortex-Strömungssensoren in erheblich stärker Feststoff befrachteten Gasen gemessen werden, und dies ohne Beeinträchtigung der Dauerstandfestigkeit. Der Messstoff darf sogar Fasern enthalten.



Der abgebildete Sensor mit Salzablagerungen war einige Wochen in einem Wetterbohrloch eingebaut. Man erkennt deutlich die geringen Ablagerungen am Störkörper. Im verschmutzten Zustand ergaben sich bis ca. 12 m/s Abweichungen von max. ±0,3 m/s



Auch Feuchtigkeit in Messgasen führt zu keinerlei Nachteilen, solange keine Kondensation am Messkopf eintritt. Tritt aber Kondensat auf, so kann dies die Messung beeinflussen. Die Grenzen zwischen 100% gesättigtem Gasstrom, zeitweisem Kondensatbefall am Sensor, starkem oder schwachen fortgesetztem Kondensatbefall sind fließend. Die Wahrscheinlichkeit einer Beeinflussung der Messung durch Kondensat kann jedoch gering gehalten werden, indem man

- den Sensor waagrecht positioniert. Dies erleichtert das Abtropfen am Wirbelablöseelement und am Ultraschallsender und -Empfänger
- bei starkem aber nicht fortgesetzt starkem Kondensatbefall den Einsatz des Vortex-Signalaufbereitungsmoduls **VSM-nasse-Gase** vorsieht. Bei fortgesetztem und starkem Kondensatbefall kann es für die Dauer dieses Zustandes auch bei Einsatz des Moduls VSM zu Fehlmessungen kommen, insbesondere wenn die Geschwindigkeiten unter ca. 4 m/s liegen.

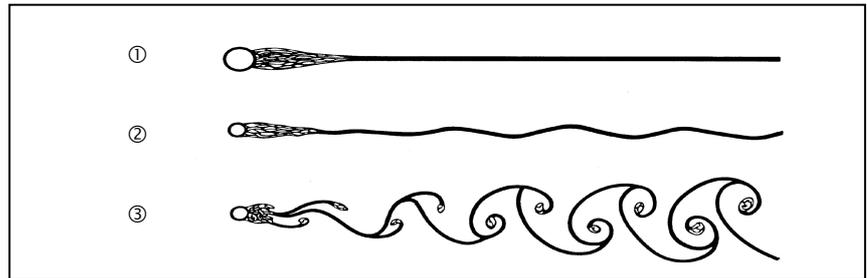
Messbereich

Der Messbereichsanfangswert bei Geschwindigkeitsmessungen v ist abhängig vom Durchmesser / Eckenmaß d des Wirbelablöseelements sowie von der kinematischen Viskosität ν des Messgases und somit von seiner Dichte ρ bzw. Temperatur. Aus wissenschaftlichen Untersuchungen ist bekannt, dass sich Wirbelablösungen in einer Wirbelstraße bei Reynoldszahlen $Re > 70 \dots 100$ ergeben. Aus der Beziehung

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

lässt sich mit
 $v (+20 \text{ °C}) = 15,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$
 $v (+180 \text{ °C}) = 32,43 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

für das Wirbelablöseelement mit Durchmesser / Eckenmaß $d = 4 \text{ mm}$ am Beispiel Luft



Umströmung eines Zylinders im Bereich sehr kleiner Reynoldszahlen nach Homann. ① $Re \approx 32$ ② $Re \approx 50$ ③ $Re \approx 70$

unter normalen atmosphärischen Bedingungen als Messbereichsanfangswert errechnen:
 $v (+20 \text{ °C}) = 0,38 \text{ m/s}$
 $v (+180 \text{ °C}) = 0,81 \text{ m/s}$

Die kinematische Viskosität ν ist definiert als der Quotient aus dynamischer Viskosität η und Dichte ρ

$$\nu = \eta / \rho$$

Je größer die Messstoffdichte, beispielsweise als Folge höheren Drucks, desto kleiner die kinematische Viskosität, und je kleiner die kinematische Viskosität, desto ergibt sich aus o. g. Gleichung für die Reynoldszahl, desto kleiner der Messbereichsanfangswert. Die Frequenz f der Wirbelablösung ist bestimmt durch

$$f = \frac{S \cdot v}{d}$$

wo S = Strouhalzahl. Aus der Beziehung von Strouhalzahl S und Reynoldszahl Re lässt sich ersehen, dass die Strouhalzahl über weite Reynoldszahl-Bereiche konstant ist, die Wirbelablösefrequenz somit Temperatur-, Dichte-, Druck- und Viskositäts unabhängig ist. Typische Wirbelablösefrequenzen für den Sensor VA40 mit dreieckigem Wirbelablöseelement:

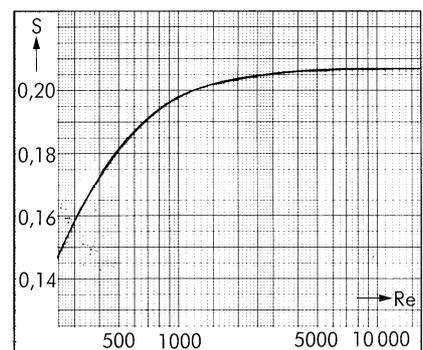
$$1 \text{ m/s} = 63 \text{ Hz}$$

$$20 \text{ m/s} = 1450 \text{ Hz}$$

Der Messbereichsendwert kann angepasst an die Messaufgabe festgelegt werden auf 40/60/80 m/s. Endwert 80 m/s erfordert zusätzlich das Vortex-Signalaufbereitungsmodul VSM.

Die Geschwindigkeits-Überlastbarkeit der Vortex-Strömungssensoren VA40 ist eines ihrer hervorstechenden Merkmale. Sie besteht nachweislich bis 80 m/s. Der mechanisch stabile Bau der Sonden lässt indes noch höhere Überlastbarkeit erwarten. Ist die Anströmgeschwindigkeit größer als der Sensor-individuelle Messbereichsendwert, so ist der Messwert i. d. R. kleiner als der tatsächliche Geschwindigkeitswert, selten aber kleiner als der spezifizierte Messbereichsendwert.

Vortex-Strömungssensoren sind zur Messung weitgehend gleichförmiger Strömungsgeschwindigkeiten bestimmt. Strömungsverhältnisse wie bei pulsierender Strömung oder Pendelströmung können abhängig von Frequenz ($> 5 \text{ Hz}$) und Amplitude ($> 0,3 \text{ m/s}$) die Messung beeinflussen. Hohe Dauerstandfestigkeit der Vortex-Strömungssensoren ergibt sich unabhängig von Geschwindigkeits-Überlastungen.





Temperaturbeständigkeit

| | | | |
|-----|--------------------|----------|--------|
| 100 | -20 °C ... +100 °C | D | VITON |
| | -25 °C ... +105 °C | K | VITON |
| | 0 °C ... +100 °C | D | KALREZ |
| | 0 °C ... +105 °C | K | KALREZ |
| 180 | -20 °C ... +180 °C | D | VITON |
| | -25 °C ... +205 °C | K | VITON |
| | 0 °C ... +180 °C | D | KALREZ |
| | 0 °C ... +205 °C | K | KALREZ |
| 240 | -20 °C ... +240 °C | D | VITON |
| | -25 °C ... +250 °C | K | VITON |

D = Dauer-, **K** = Kurzzeitbetrieb

Die jeweilige Sensor-Temperaturbeständigkeit ist insbesondere durch die Werkstoffe von Ultraschallsender und -empfänger, das Kabel sowie die Dichtungen bestimmt. Messungen bei Temperaturen, für die nur kurzzeitiger Betrieb spezifiziert ist, sollten nur wenige Minuten lang dauern. Bei Einhaltung dieser Empfehlung ist eine Beschädigung des Sensors nicht zu erwarten. Bei vt-Sensoren entspricht der Temperaturmessbereich zumindest der Temperaturbeständigkeitsangabe.

Dauertemperaturbeständigkeit bei Temperaturen höher als +100 °C bzw. niedriger als -25 °C wird u. a. dadurch erzielt, dass die aktiven elektronischen Bauteile in einem sogenannten Kabelverstärker auf Distanz zu Bereichen mit hohen / tiefen Temperaturen gebracht werden. Der Kabelverstärker befindet sich bei Sonden VA40 nach Zeichnung 2 in einer Hülse am Sensor-Anschlusskabel oder bei den Bauformen VA40 nach Zeichnung 4 bis 7 im Anschlussgehäuse. Zulässige Temperaturen am Kabelverstärker: -25 ... +100 °C. Zur Einhaltung dieser Bedingung sind im Einzelfall Umgebungstemperatur, der Wärmefluss über das Sensor-Anschlusskabel oder Sondenrohr bis zum Anschlussgehäuse sowie etwaige Wärmestrahlung zu beachten. Eine Kabellänge von 0,4 m genügt zwischen der Stelle, an der ein Sensor-Anschlusskabel aus einer Zone von beispielsweise +240 °C austritt bis zur Hülse mit Kabelverstärker, wenn sich der Kabelverstärker in einer Umgebung mit Temperaturen von nicht mehr als +40 °C befindet.

Kabelverstärker in einer Hülse

Kabellänge bis Kabelverstärker
Standardmäßig ist diese Kabellänge 2 m. In der Sensorbezeichnung bedeutet beispielsweise 180-2 oder 180-10, dass der Sensor bis +180 °C beständig ist und dass die Kabellänge zwischen Sensor und Hülse mit Kabelverstärker 2 m oder 10 m beträgt.

Kabelart bis Kabelverstärker

Kabel PTFE-ummantelt
Kabel nach Kabelverstärker
Dieses Kabel ist standardmäßig 2 m lang, SILIKON-ummantelt und temperaturbeständig bis +100 °C. Auch Sensoren für +100 °C haben standardmäßig ein 2 m langes SILIKON-ummanteltes Anschlusskabel für max. +100 °C. Bei Bestellung bitten wir die zugehörige Auswertereinheit zu benennen, so dass der Anschluss-stecker / die Anschluss-kennzeichnung passend vorgesehen werden kann. Wasserdichte Steckverbindungen auf Wunsch.

Warnung:

- Das Kabel zwischen Sonde und Kabelverstärker nicht abtrennen, nicht kürzen!
- Kabelverstärker in einer Hülse sind zwar feuchtigkeitsgeschützt, nicht aber geschützt gegen aggressive Messgase

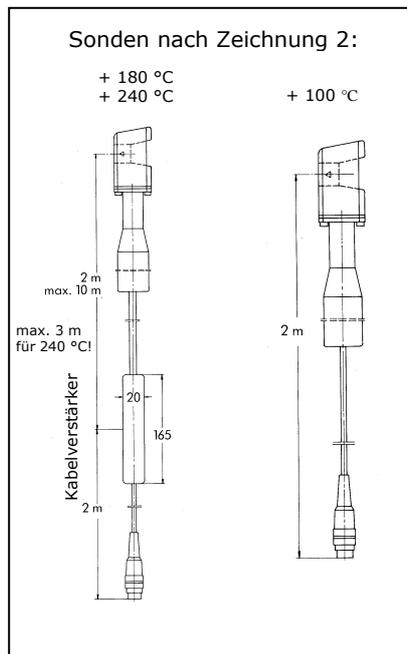
Druckbeständigkeit

p3 Sensor ist dicht und druckbeständig bis 3 bar/300 kPa Überdruck

Schutzart

Explosionsschutz Ex

v-Sensoren nach Zeichnung 2 sind auch für Kategorie 2G gemäß EG-Richtlinie 94/9 (ATEX) in Schutzart **Ex ia IIC T6**, Stromkreis eigensicher, lieferbar.



v-Sensoren VA40 nach Zeichnung 4 und 5 optional für Einsatz in Kategorie 1/2G, Schutzart **Ex ia IIC T6**, lieferbar.

Schutz gegen Messstoffe

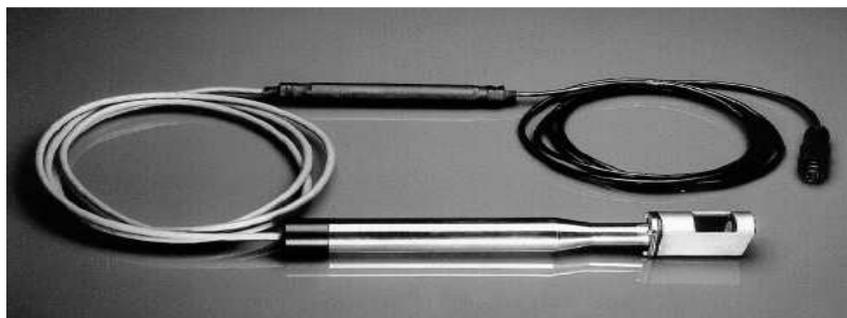
In den Sensor darf von der Kabelanschlussseite her weder Flüssigkeit noch aggressives Messgas eindringen. Bei Bedarf bitte anfragen.

Dichtungswerkstoff

ist standardmäßig VITON®. Optional KALREZ® oder SILIKON anstatt VITON®. Temperaturbeständigkeit der Dichtungswerkstoffe:

| | | |
|---------|--------------------|----------|
| VITON® | -20 °C ... +240 °C | D |
| | -25 °C ... +240 °C | K |
| KALREZ® | 0 °C ... +300 °C | D |

D = Dauer-, **K** = Kurzzeitbetrieb
® Warenzeichen von DuPont





Sondenverlängerungen

dienen zum tieferen Eintauchen von Sensoren in Messstoffe, wenn die Standardsondenlänge für die gewünschte Eintauchtiefe nicht ausreicht.

Verlängerbare Sonden VA40 haben zu diesem Zweck ein Anschlussgewinde, an das Verlängerungsrohre angeschraubt werden können, die sich zur Durchführung von Sensor-Anschlusskabel, ggf. Hülse mit Kabelverstärker und Anschlussstecker eignen. Sie schützen außerdem gegen Messstoffe - Wasser oder aggressive Messgase - die von der Kabelanschlussseite her nicht in den Sensor eindringen dürfen. 'Sondenrohre' eignen sich zur Verwendung mit Sondenführungsteilen, auch in aggressiven Messstoffen oder bei hohen Temperaturen und bieten eine mechanisch stabile Sondenhalterung.

'Sondenrohre' aus Titan können nur bei geschlossener Lieferung mit durchgängig gleichem Durchmesser gefertigt werden. Der Durchmesser dieser Rohre kann geringfügig von der jeweiligen Nennweite abweichen. Sondenführungsteile müssen passend zu diesen Sondenrohren gefertigt werden.

Die mechanische Belastbarkeit der Rohre an den Anschlussgewinden (Belastungen durch das Gewicht von Sensor und Verlängerungsrohr sowie durch die Kräfte des strömenden Mediums) setzt der Anzahl von Verlängerungsrohren, die zusammengeschaubt eingesetzt werden können, eine Grenze. Außerdem darf sich am Sensor keine Vibration ergeben. Als einen Anhaltspunkt für die meisten Fälle empfehlen wir, nicht mehr als 4 Verlängerungsrohre mit Länge 350 mm oder 500 mm bzw. nicht mehr als 2 Verlängerungsrohre mit Länge 1000 mm ohne zusätzliche Abstützung zusammenschrauben.

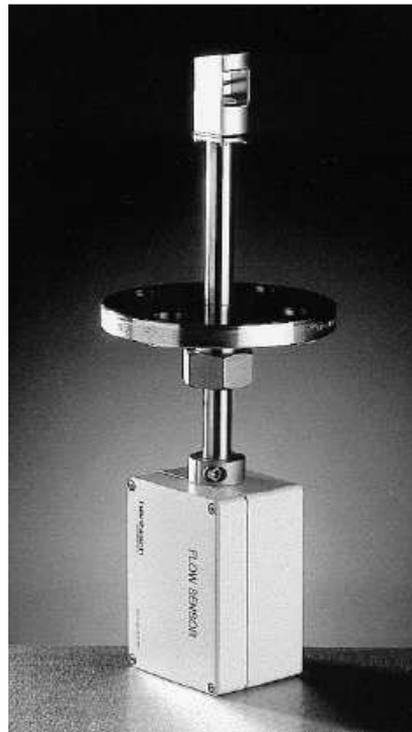
Dichtungswerkstoffe

Standardmäßig sind an den Verschraubgewinden von Verlängerungsrohren VITON® O-Ringe vorgesehen.

KALREZ® O-Ringe sind nur zu empfehlen, wenn die Aggressionsbeständigkeit von VITON® nicht ausreichend sein sollte.

KALREZ® O-Ringe sind für bestimmte Messstoffe laut DuPont im Bereich 0 °C ... 300 °C temperaturbeständig.

KALREZ® O-Ringe auf Anfrage.



SFB mit Flansch



SFZ mit Kugelhahn

Sondenführungsteile SF

dienen zum Ein- und Ausfahren von Sonden in Rohrleitungen und Kanäle. Die Arretierung des Sondenrohrs ist angepasst an die Temperatur- und Druck-Einsatzbedingungen auszuwählen.

SFZ SF mit Spannzange zum beliebigen mehrmaligen Positionieren einer Sonde auch bei Unterdrücken / Überdrücken bis 10 bar

SFB SF mit Spannbuchse zum beliebigen mehrmaligen Positionieren einer Sonde bei geringen Unterdrücken / Überdrücken

SFK SF mit Klemmbügel zum beliebigen mehrmaligen Positionieren einer Sonde auch bei Unterdrücken / Überdrücken bis 10 bar



Profilfaktor PF

Im größeren Freistrahel sowie in größeren Kanälen oder Messrohren ergibt sich mit dem Profilfaktor $PF = 1,000$ die örtliche / punktuelle Geschwindigkeit. PF dient aber auch der Umrechnung der örtlichen / punktuellen Geschwindigkeit v_p auf die mittlere Geschwindigkeit v_m in einem Messquerschnitt.

$$v_m = v_p \cdot PF$$

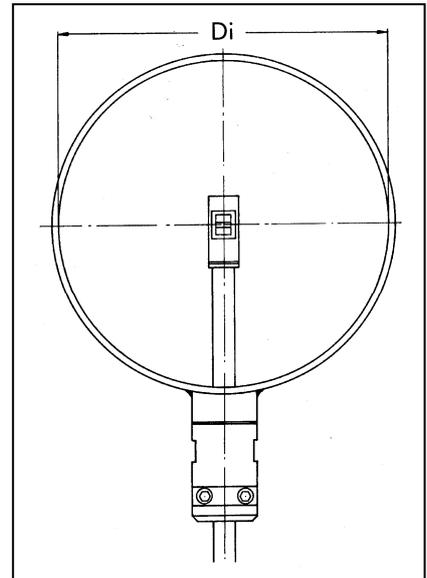
Bei Messung mit Vortex-Strömungssensoren VA40 in kreisförmigen Messquerschnitten mit Innen-Durchmesser D_i sind bei

- rohrmittiger Positionierung der Sonde
- drallfreier Strömung
- ausgebildetem Strömungsprofil (Messquerschnitt so gewählt, dass sich $20 \cdot D_i$ gerade, ungestörte Einlaufstrecke, $10 \cdot D_i$ gerade, ungestörte Auslaufstrecke ergeben) folgende Beiwerte zugrunde zu legen:

| D_i | PF | D_i | PF |
|-------|-------|-------|-------|
| 80 | 0,719 | 160 | 0,808 |
| 90 | 0,729 | 170 | 0,819 |
| 100 | 0,738 | 180 | 0,830 |
| 110 | 0,750 | 190 | 0,839 |
| 120 | 0,761 | 200 | 0,842 |
| 130 | 0,773 | 300 | 0,845 |
| 140 | 0,784 | 400 | 0,850 |
| 150 | 0,796 | ... | 0,850 |

Sind die Bedingungen für die Anwendung der genannten Beiwerte nicht gegeben, so ist in größeren Messquerschnitten mit $PF = 1,000$ eine Strömungsvorabuntersuchung durchzuführen. Als Ergebnis dieser Untersuchung ist ein optimaler Messpunkt festzulegen und der zugehörige Beiwert zugrunde zu legen.

Begleitinformationen hierzu, siehe beispielsweise VDI/VDE 2640, Blatt 3 "Netzmessungen in Strömungsquerschnitten".



Entwicklung,
Herstellung, Vertrieb

Strömung · Durchfluss
auch kombiniert mit
Temperatur · Druck

Electro-Mation GmbH

D-22529 Hamburg
Telefon +49 40 / 850-2320
Telefax +49 40 / 850-4114
E-Mail info@electro-mation.de

® : Eingetragenes Warenzeichen von DuPont

Änderungen auch technischer Art vorbehalten