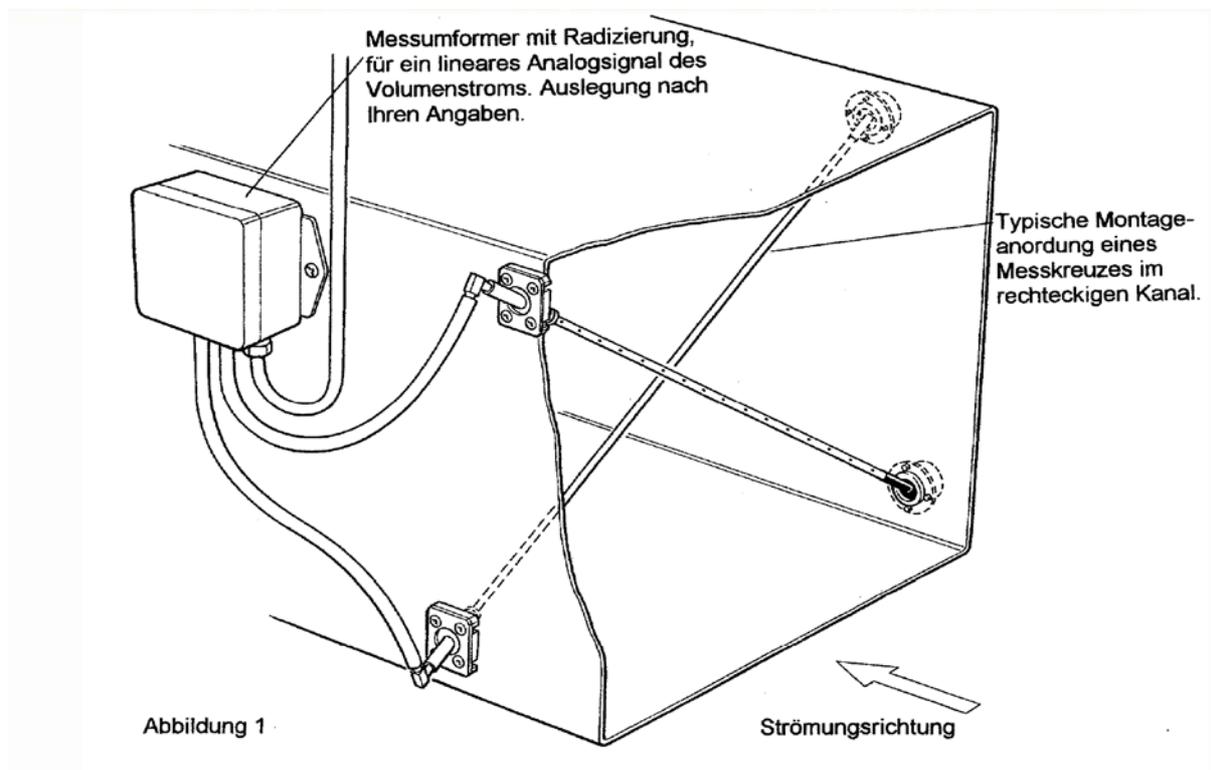


X8 und X16

Bedienungsanleitung Volumenstrom-Messkreuze Modell X8 und X16



Inhalt

1. Funktionsweise	3
2. Konstruktion	3
3. Anwendungsmöglichkeiten	3
4. Positionierung	4
5. Installation	4
6. Instrumentierung	7
7. Signalauswertung	8
7.1. Strömungsgeschwindigkeit und Volumenstrom	8
7.2. Verstärkungsfaktor	8
7.3. Berechnung der Geschwindigkeit	8
8. Kalibrierung vor Ort	9
9. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messwerte	10
10. Wartung	10

1. Funktionsweise

AIRFLOW-Messkreuze sind Druckdifferenznehmer zur Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit bzw. des Volumenstroms in Luftkanälen. Das AIRFLOW-Messkreuz besteht aus zwei Rohren, die in einem Kanalquerschnitt montiert werden. Diese Rohre sind mit einer Reihe gleichgroßer Bohrungen versehen. Auf einem Rohr zeigen die Bohrungen direkt der Strömung entgegen und sammeln den Gesamtdruck, auf dem anderen zeigen sie strömungsabwärts und nehmen den "substatischen" Druck auf. Durch die Verteilung der Bohrungen wird eine Mittelung der Drücke erreicht. Die Enden der Rohre werden nach außen geführt. Die Differenz zwischen diesen beiden Drücken repräsentiert das Druckdifferenzsignal, welches in Relation zur vorhandenen Geschwindigkeit bzw. dem Volumenstrom steht. In Relation zum dynamischen Druckanteil ist dieses Signal um den Faktor 2,0 stärker.

Bitte beachten Sie: mit den AIRFLOW-Messkreuzen kann nicht der statische Systemdruck gemessen werden!

2. Konstruktion

Die Messkreuzrohre bestehen aus Edelstahl, außerdem wird PVC, Polyurethan, Acetatkunststoff und Neopren/Santopengummi verwendet. Die Druckanschlüsse haben einen Durchmesser von 6 mm und sind zur Aufnahme von Kunststoffschläuchen geeignet.

Die Mediumtemperatur darf 80°C nicht überschreiten.

3. Anwendungsmöglichkeiten

Das AIRFLOW Messkreuz liefert nützliche und zuverlässige Ergebnisse im breiten Anwendungsbereich. Allerdings sollten Messkreuze nicht oder nur bedingt dort eingesetzt werden, wo hohe Luftfeuchtigkeit mit Kondensatbildung oder Verschmutzung durch Material klebriger Konsistenz vorhanden sind. In Luftkanälen mit höherer Staubbelastung sollte auf Zugriffsmöglichkeiten für eine regelmäßige Kontrolle und Reinigung geachtet werden. Das Messsignal eines AIRFLOW Messkreuzes kann auf verschiedene Weise genutzt werden:

1. als Kontroll- und Regeleinrichtung in Verbindung mit einem radizierenden Druckmessumformer mit elektrischem Ausgang und einer entsprechenden Steuerung mit oder ohne Digitalanzeige der Strömungsgeschwindigkeit oder des Volumenstroms vor Ort,
2. zur Anzeige der Geschwindigkeit oder des Volumenstroms, z.B. mit einem Mikromanometer,
3. als Grenzwertmelder oder Warngerät in Verbindung mit entsprechendem Messumformer,
4. zur optischen Volumenstrom-Kontrolle mit einem einfachen flüssigkeitsgefüllten Manometer.

4. Positionierung

AIRFLOW Messkreuze sind in geraden Kanalstücken und im rechten Winkel zur Kanalachse zu montieren. Folgende Hinweise sind zu beachten:

1. Halten Sie Abstand von mindestens 5 D zu Bögen ($r = 1D$) strömungsaufwärts und kleineren Störstellen.
2. Bei gravierenden Störstellen (z.B. rechtwinklige Bögen, Stellklappen) werden längere Beruhigungsstrecken benötigt, siehe dazu auch Absatz 10.
3. Strömungsabwärts sollte mindestens 3 D freie Auslaufstrecke vorhanden sein.
4. Vermeiden Sie plötzliche Erweiterungen des Kanals direkt vor dem Messkreuz (Bild 2a)
5. Eine örtliche Verjüngung ist nützlich zur Erhöhung der Druckdifferenz bei niedrigen Geschwindigkeiten (Abbildung 2b).
6. Bei starken Turbulenzen sollte im Abstand mindestens 2 D vor dem Messkreuz ein Gleichrichter eingebaut werden.

Anmerkung: bei rechteckigen Kanälen ist $D = (\text{Breite} + \text{Höhe des Kanals}) / 2$

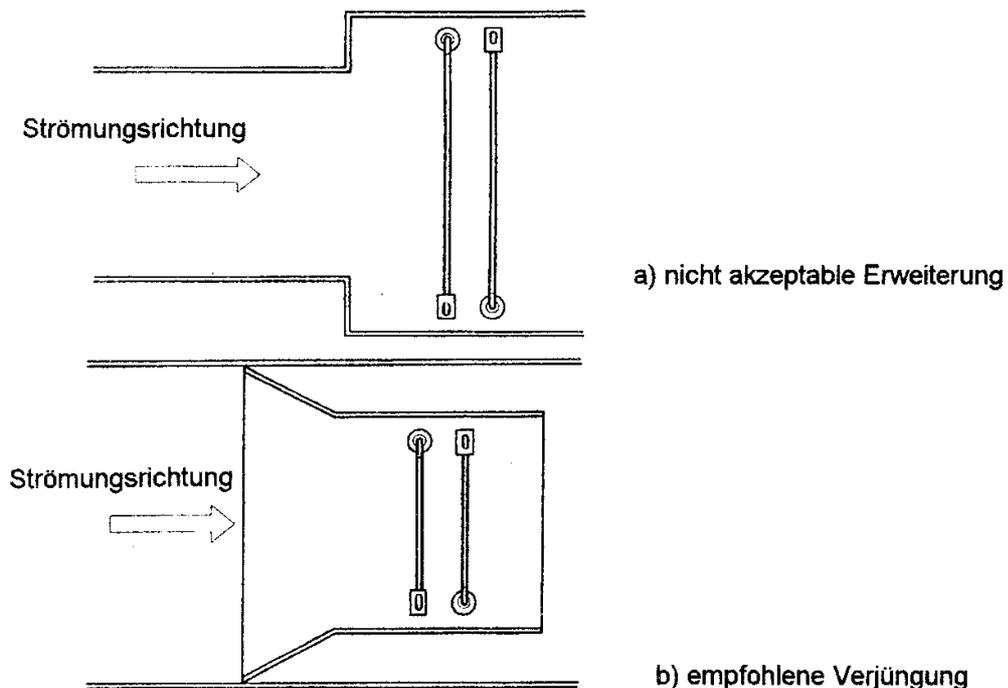


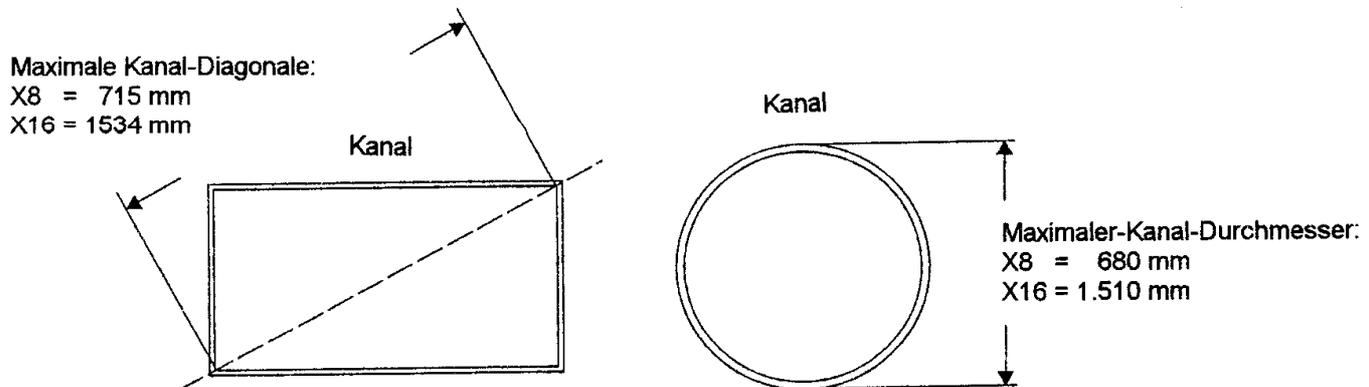
Abbildung 2 - Veränderung des Kanalquerschnitts an der Messstelle

5. Installation

AIRFLOW Messkreuze können in quadratischen, rechteckigen oder runden Luftkanälen montiert werden. Der Durchmesser des runden Kanals sollte jedoch mindestens 300 mm betragen. Die flexiblen Flansche passen sich dann dem Radius der Kanalwand an. Je nach Größe des Kanals werden die Druckrohre vor Ort gekürzt.

AIRFLOW-Messkreuze werden in zwei Größen geliefert:

Rohrdurchmesser (mm)	Rohrlänge (mm)	max. Diagonale (mm) rechteckiger Kanal	max. Durchmesser (mm) runder Kanal
8	788	715	680
16	1518	1534	1510



AIRFLOW-Messkreuze werden in Bausätzen mit allen nötigen Einzelteilen geliefert.
Inhalt des Bausatzes:

Bezeichnung	Menge
Druckaufnahmerohre mit Adapter	2
Klemmplatten	2
Endabdeckungen	2
Klemmscheiben	2
Bohrschablonen rechteckig	2
Bohrschablonen rund	2
Membrane	2
Druckanschlussstutzen (Kniestücke)	2
Rohrkappen	2
Tüllen	2
Kappendichtungen	2
Adapterdichtungen	2
Blechschauben 3 x 13	16

1. Legen Sie den geeigneten Einbauort gemäß Absatz 4 fest.
2. Die AIRFLOW Messkreuze sind zum Einbau in die "kürzeren" Luftkanalseiten vorgesehen. Markieren Sie den Kanal gemäß den Maßen nach Abbildung 3, kleben die selbstklebenden Bohrschablonen auf die entsprechenden Stellen und bohren die notwendigen Löcher. Entgraten Sie anschließend sorgfältig.
3. Führen Sie die Rohre bis zum Anschlag in den Kanal ein und sichern Sie die Adapter-platten mit der entsprechenden Montageplatte und den Schrauben (Abbildung 4). Die Bohrungen längs der Druckaufnahmerohre müssen voneinander weg zeigen.
4. Während Sie die Rohre gegen die Kante des Kanals drücken, längen Sie sie so ab, dass noch ca. 5-7 mm außen vorstehen. Nach sorgfältigem Entgraten und Beseitigen aller scharfen Kanten schieben Sie die Rohrkappen auf (Abbildung 5).
5. Montieren Sie dann die Blechdurchführungen an den Außenseiten beginnend.
6. Jetzt werden die Dichtungen und die Rohrkappen mit dem runden Montagering und den Schrauben montiert (Abbildung 6).
7. Die Druckanschlussstutzen werden auf die Enden der Rohre aufgedrückt. Die Richtung, in die der Stutzen zeigt, kann frei gewählt werden. (Abbildung 7).

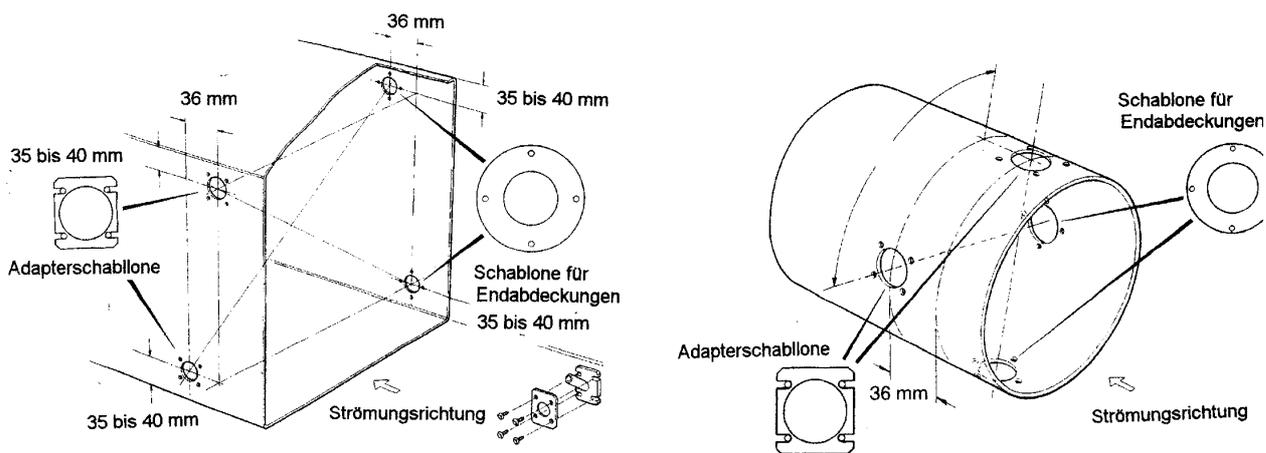


Abbildung 3 – Anordnung der Bohrungen (Maße in mm)

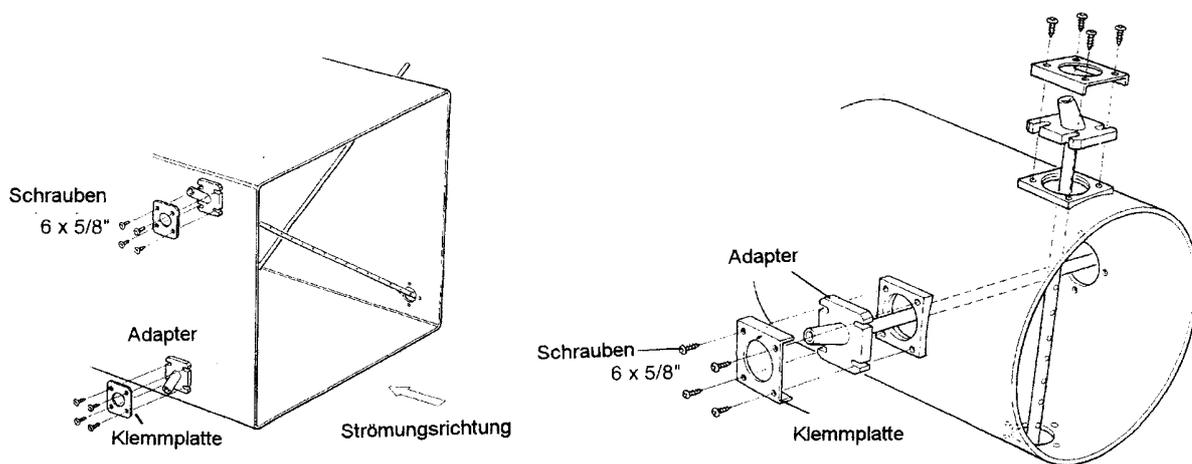


Abbildung 4 – Einsetzen der Rohre

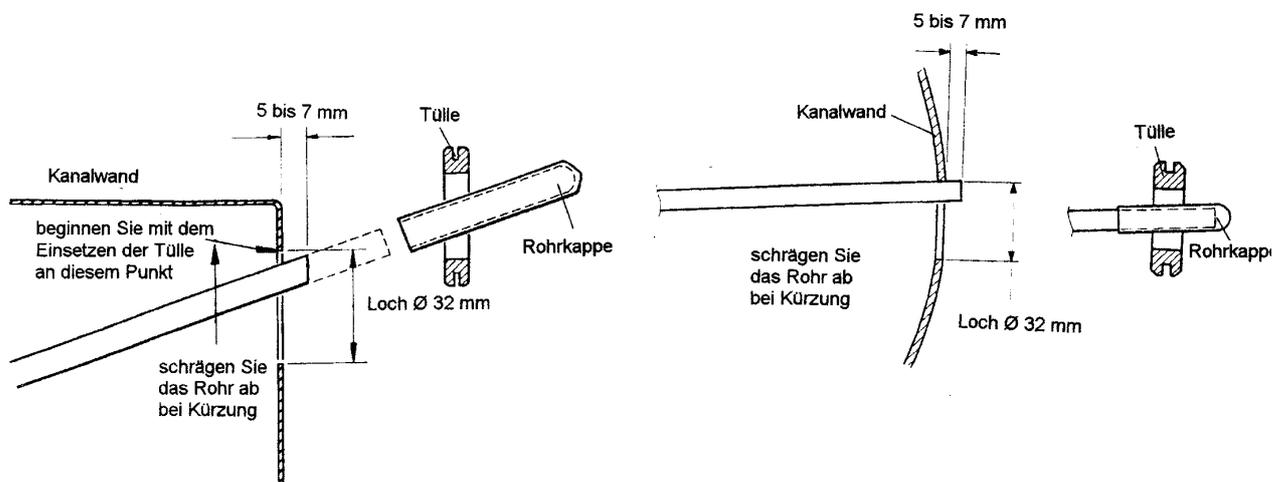


Abbildung 5 – Anpassen der Druckrohrlänge

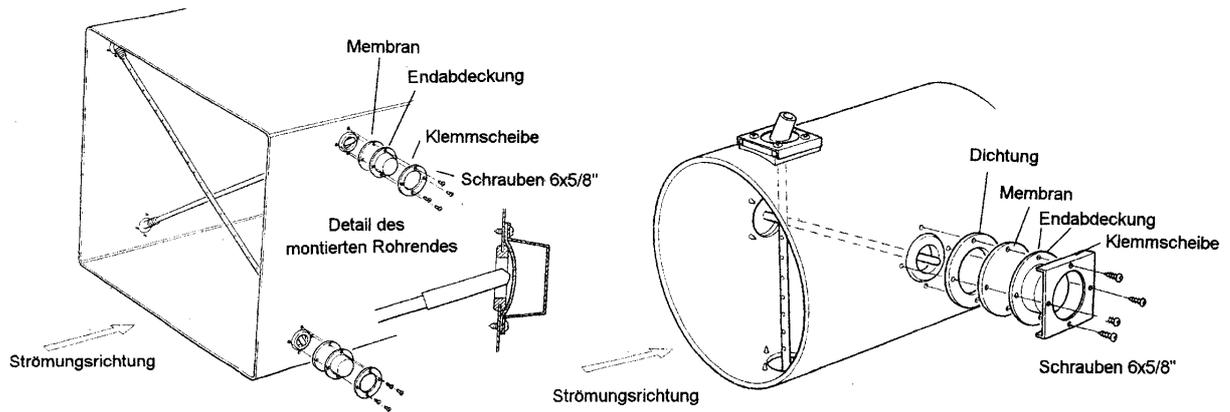


Abbildung 6 – Anordnung der Endabdeckungen

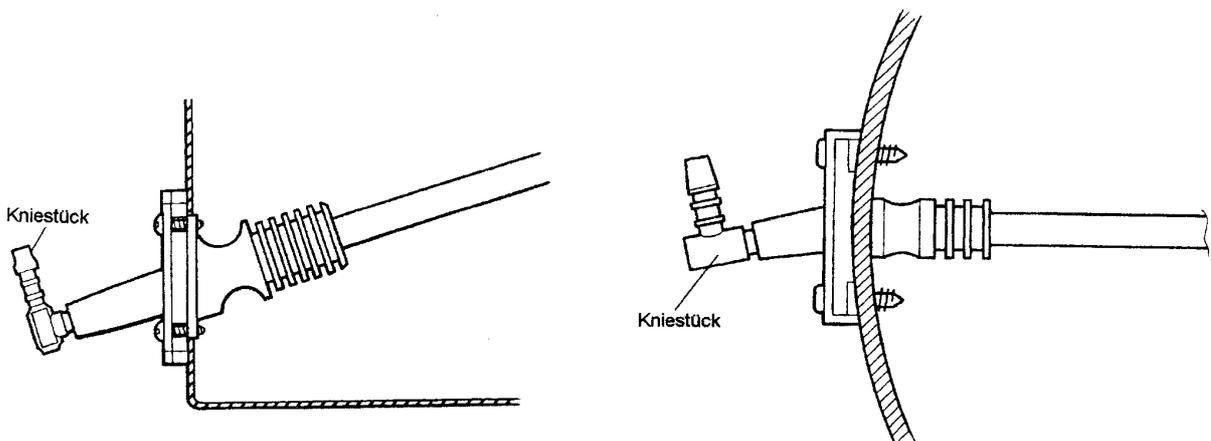


Abbildung 7 - Detail Adapter mit Kniestück

6. Instrumentierung

Die AIRFLOW Messkreuze sind kein komplettes Messsystem. Zur Vervollständigung der Anlage ist noch eine nachgeordnete Messtechnik notwendig.

1. Für gelegentliche Überprüfungen sind die transportablen Handmessgeräte aus dem AIRFLOW Messgeräteprogramm nützlich.
2. Mit einem Druckmessumformer kann ein Industriestandardsignal bereitgestellt werden. AIRFLOW hat eine Palette dieser Umformer in verschiedenen Ausführungen und mit unterschiedlichen Messbereichen im Programm.
3. Zum Zweck der Systemüberwachung kann ein Messumformer mit Relaisausgang angeboten werden. Fordern Sie weitere Unterlagen hierzu an.

Als Zubehör benötigen Sie flexiblen PVC-Schlauch, um die Druckanschlussstutzen mit den entsprechenden Messgeräten zu verbinden.

7. Signalauswertung

Da die AIRFLOW Messkreuze als Bausatz geliefert werden und anwenderseitig auf Länge gebracht werden, ist es nur möglich, eine typische Strömungsgeschwindigkeitskurve dem Messkreuz beizulegen. Mit Hilfe dieser Kurve ist es möglich, die Luftgeschwindigkeit bzw. den Volumenstrom gemäß den in Tabelle 10 dargestellten Toleranzen zu bestimmen unter der Voraussetzung, dass die Empfehlungen aus Absatz 4 eingehalten werden. Bei höheren Genauigkeitsansprüchen ist eine Kalibrierung vor Ort erforderlich.

7.1. Strömungsgeschwindigkeit und Volumenstrom

Der mit dem AIRFLOW Messkreuz ermittelte Differenzdruck ist proportional zum dynamischen Druck des Systems. Mit einem geeigneten Messumformer wird der dynamische Druck in ein elektrisches Signal umgeformt und durch elektronische Radizierung linearisiert. AIRFLOW bietet Ihnen den entsprechend optimalen Messbereich an. Das analoge Messsignal entspricht dann von 0 bis 100 % dem Volumenstrom Ihrer Anlage.

7.2. Verstärkungsfaktor

Das Verhältnis zwischen dem mit dem AIRFLOW Messkreuz ermittelten Differenzdruck und dem mittleren dynamischen Druck bei gegebener Strömungsgeschwindigkeit ist der Verstärkungsfaktor M .

Allgemein gilt: $p^d = p_s - p_s$

Da vom Messkreuz kein statischer Druck P^s abzuleiten ist, muss mit dem Verstärkungsfaktor gerechnet werden. **Der Verstärkungsfaktor der Messkreuze beträgt im Mittel 2.**

7.3. Berechnung der Geschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit kann bei der Messung aus dem Staudruckwert des dynamischen Druckes unter Anwendung folgender vereinfachter Formel ausgerechnet werden.

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho} \times \frac{\Delta p}{M}} \Rightarrow 1,291 \sqrt{\frac{\Delta p}{M}}$$

Die vereinfachte Formel gilt für Standardluft von 1,2 kg/m³ (entsprechend den verschiedenen Normen: 16 °C bei 1000 hPa bzw. 20 °C bei 1013 hPa, beides bei 55 % rel. Luftfeuchte). Da der Staudruck stark durch die Dichte des Mediums (in kg/m³) beeinflusst wird, ist nachstehend die Korrekturformel aufgeführt. Die Korrektur erübrigt sich in der Praxis, wenn der statische Druck im System nicht mehr als 1000 Pa und die anderen Parameter nicht mehr als ca. 2 bis 3 % abweichen. Für eventuelle Korrekturen bei stärker abweichenden Werten benutzt man vorteilhaft den AIRFLOW-Rechenschieber oder kalkuliert selbst mit folgender Formel nach:

$$v = \sqrt{\frac{2}{\rho_f} \times p_{dyn}} \quad p_f = 1,2931 \times \frac{p_{atm} + p_{stat}}{b_0} \times \frac{T_0}{T_0 + T}$$

Abkürzungen in den Formeln:

v :	Strömungsgeschwindigkeit (m/s) im Betriebszustand des Mediums
ρ_f :	Dichte des Mediums
p_n :	1,2931, Konstante für Standardluft
b_0 :	barometrisches Normal (1013 hPa)
T_{0a} :	Temperaturnormal (293 K)
p_{dyn} :	dynamischer Staudruck (Pa), gemessen
p_{atm} :	barometrischer Druck (hPa), gemessen
p_{stat} :	statischer Druck im System (Pa), gemessen
T :	Temperatur des Mediums (°C), gemessen
M :	Verstärkungsfaktor 2

Bei Ermittlung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit aus einer Anzahl von Messwerten ist es rechnerisch richtiger die Geschwindigkeit an jedem Messpunkt zu berechnen und dann den Mittelwert zu bilden. In der Praxis beträgt die Abweichung zu den korrekten Ergebnissen aber < 2 %, wenn erst die dynamischen Drücke gemittelt werden und dann die Umrechnung in m/s erfolgt, solange die Einzeldrücke sich nicht mehr als um das Doppelte (min-/max-Wert) unterscheiden. Der Grund der Abweichung liegt in dem quadratischen Verhältnis zwischen Staudruck und Geschwindigkeit.

8. Kalibrierung vor Ort

Zum Erreichen der höchst möglichen Genauigkeit sollten AIRFLOW Messkreuze vor Ort eingemessen werden. Jede technisch sinnvolle Methode kann genutzt werden, um den tatsächlichen Volumenstrom im System zu bestimmen und in Relation zum Messkreuzsignal zu setzen. Die Vergleichsmessung kann je nach Gegebenheiten mit einem Anemometer oder Staurohr und Mikromanometer erfolgen. Staurohre, Mikromanometer und Anemometer verschiedener Bauart sind in einer großen Auswahl bei AIRFLOW erhältlich. Die im folgenden beschriebene Methode bedient sich des Staurohres, um mit einer Netzmessung den durchschnittlichen dynamischen Druck und somit die tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit festzustellen.

1. Installieren Sie das AIRFLOW Messkreuz wie in Absatz 6 beschrieben und verbinden Sie es mit einem Manometer oder Messumformer passenden Messbereichs.
2. Bereiten Sie eine genügend große Anzahl von Bohrungen strömungsaufwärts des Messkreuzes vor, um durch eine Netzmessung ein repräsentatives Messergebnis zu erhalten.
3. Bringen Sie das System in einen charakteristischen Arbeitszustand und führen die Staurohrmessung durch. Notieren Sie die ermittelten Werte sowohl vom Messkreuz als auch vom Staurohr.
4. Wenn möglich, machen Sie die Messungen bei mindestens drei unterschiedlichen Betriebszuständen der Anlage.

5. Die Berechnungen werden nach den Formeln durchgeführt, wie im Absatz 7 beschrieben.

9. Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messwerte

Nach der folgenden Tabelle können Sie die zu erwartenden Fehlertoleranzen durch Systemeinflüsse und die Mindestabstände von Systemhindernissen beurteilen:

Hindernis:	Abstand für Toleranz	
	ca. ±10 %	ca. ±15 %
rechtwinkliges Kniestück	10 D	3,5 D
Bogen (R = <1 D)	10 D	3,5 D
Schalldämpfer	10 D	3,5 D
Bogen 30°	3,5 D	2,0 D
Verjüngung	3,5 D	2,0 D

Bei rechteckigen Kanälen gilt $D = (\text{Breite} + \text{Höhe}) / 2$. Die Wiederholgenauigkeit ist jedenfalls besser als ±5 %. Durch Kalibrierung vor Ort kann eine Fehlertoleranz von weniger als ±5 % erreicht werden.

10. Wartung

Unter normalen Konditionen in Lüftungs- und Klimaanlage ist keine besondere Pflege und Wartung der Messkreuze erforderlich. An Messstellen, wo mit höherem Staubanteil zu rechnen ist, muss die Freigängigkeit der Bohrungen zumindest einer gelegentlichen optischen Prüfung unterzogen werden. Eine Reinigung im Falle von Ablagerungen ist ggf. notwendig.

Höhere Temperatur als 80°C sind unbedingt zu vermeiden. Sollten Messungen in höheren Temperaturen oder mit höherem Genauigkeitsanspruch erforderlich sein, fragen Sie nach Wilson Staugittern, die auch in voll geschweißter Ausführung für Hochtemperaturanwendung geeignet sind.

Airflow Lufttechnik GmbH
Wolbersacker 16 | 53359 Rheinbach
Telefon: 02226/9205-0 | Fax: 02226/9205-12
messtechnik@airflow.de | www.airflow.de

Version Juni 2018 – Änderungen vorbehalten.

