

3.5 Luftströmungssensoren

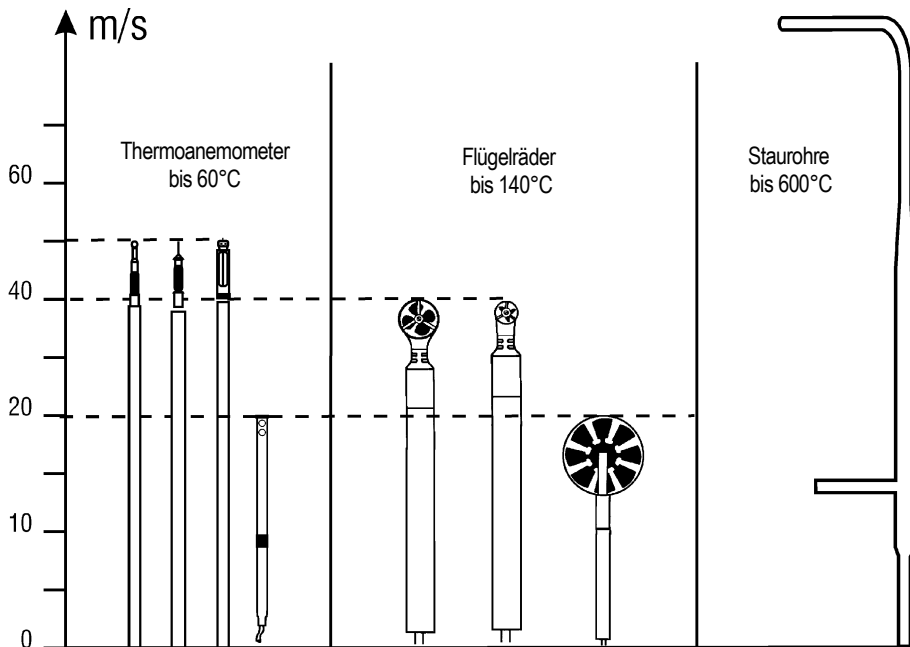
3.5.1 Auswahl des Strömungssensors

Im ALMEMO® Fühlerprogramm stehen zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten Thermoanemometersonden, Staurohre und Flügelräder zur Auswahl. Auswahlkriterien sind Messbereich und Einsatztemperatur:

Messfühler	Strömungsgeschwindigkeiten	Einsatztemperaturen
Thermoanemometer	0.1 bis 50 m/s	bis 60°C
Flügelräder	0.2 bis 40 m/s	bis 140°C
Staurohre	ca. 7 bis 100 m/s	bis 600°C

3

Messbereiche und Einsatztemperaturen verschiedener Sonden



Messfühler:	Vorteile	Nachteile
Thermoanemometer	auch sehr geringe Luftströmungen messbar (z.B. Zugluftmessungen), auch richtungsunabhängige Messung möglich	sensible Sensorik, empfindlich gegen mechanische Beanspruchung und Verschmutzung, empfindlich gegen turbulente Strömungen, hoher Stromverbrauch, eingeschränkte Umgebungstemperatur
Flügelräder	hohe Genauigkeit bei mittleren Strömungsgeschwindigkeiten und mittleren Umgebungstemperaturen, unempfindlich gegen turbulente Strömungen	sensible Sensorik, empfindlich gegen mechanische Beanspruchung, richtungsabhängig
Staurohre	für hohe Strömungsgeschwindigkeiten und raue Einsatzbedingungen, hohe Umgebungstemperaturen möglich, leicht zu reinigen	stark richtungsabhängig, geringe Strömungsgeschwindigkeiten nicht messbar, temperaturabhängig, begrenzte Genauigkeit, empfindlich gegen turbulente Strömungen

Allgemeines zum Einbau von Strömungssensoren

Die genaue und zuverlässige Bestimmung der Luftgeschwindigkeit hängt von der richtigen Positionierung des Fühlers ab.

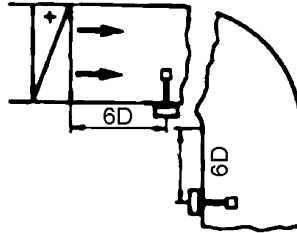
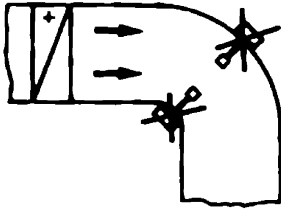
Genaue Messungen sind nur möglich, wenn die Fühler weit genug von Stellen mit turbulenter Strömung entfernt positioniert wird. Turbulente Strömungen entstehen nach Rohrkrümmern, Abzweigungen, hinter Klappen, Ventilatoren oder Querschnittsveränderungen.

Die Beruhigungsstrecke ist eine Funktion des Rohrdurchmessers D .

Bei rechteckigen Rohren gilt:

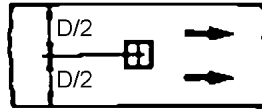
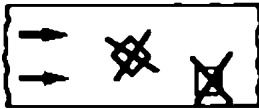
$$D = \frac{2ab}{a+b}$$

Die folgenden Bilder sollen bei Installation eines Luftgeschwindigkeitstransmiters helfen.

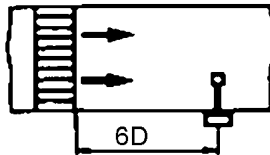
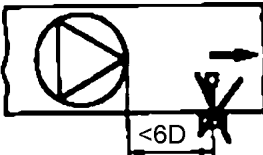


Genaue Messwerte erhält man, wenn man bei der Montage nach Rohrkrümmern, Abzweigungen, hinter Klappen, Ventilatoren oder Querschnittsveränderungen die Beruhigungsstrecken, gemäß der obenstehenden Formel, berücksichtigt.

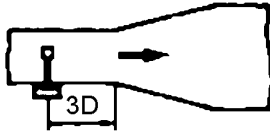
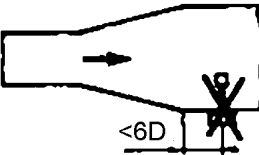
3



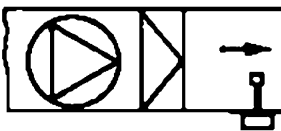
Fühler in der Mitte des Kanals montieren.



Optimal ist die Platzierung hinter Filtern und Gleichrichtern, weil dort kein Drall herrscht.



Fühler vor Diffusoren und Konfusoren platzieren.



Filter bzw. Kühler beruhigen die Strömung.

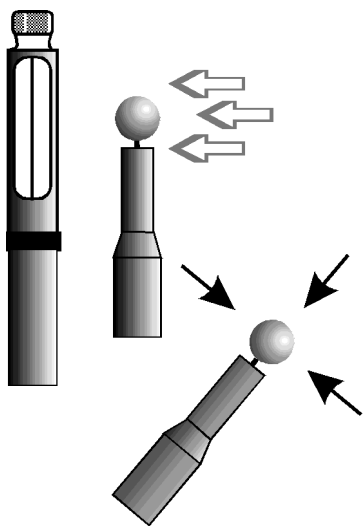
3.5.2 Thermoanemometer

Thermistoren und Hitzdraht- oder Heißfilmsonden sind hochsensible Messwertaufnehmer auch für sehr niedrige Luftgeschwindigkeiten. Sie eignen sich für den Einsatz in allen Bereichen der Klima- und Lüftungstechnik, sowie im Bereich der Haustechnik und zur Beurteilung von Arbeitsplätzen (Zugluft). Im ALMEMO® Fühlerprogramm gibt es Thermoanemometersonden für verschiedene Messbereiche und Messgenauigkeiten:

- Thermoanemometer FVA935-THx mit Handgriff fest eingestelltem Messbereich und digitaler Temperaturkompensation.
- Thermoanemometer MT 84x5 mit getrenntem Elektronikgehäuse, ALMEMO® Verbindungskabel und wählbarem Messbereich.

Die Messgrößen Temperatur (FVA935-TH) und Luftgeschwindigkeit sind im ALMEMO® Fühlerstecker auf zwei Messkanälen programmiert und können mit jedem ALMEMO® Messgerät aufgerufen und richtig skaliert mit Dimension angezeigt werden. Für Volumenstrommessungen kann bei ALMEMO® Handgeräten der Querschnitt oder Durchmesser des Lüftungskanals auf einfache Weise eingegeben werden.

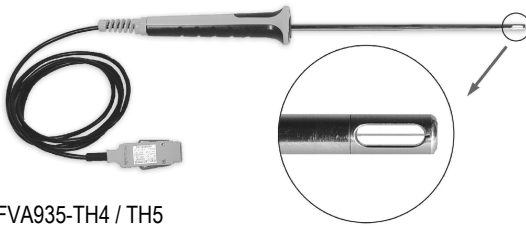
Messprinzip



In der Messsonde befindet sich ein temperaturabhängiger Halbleiter (NTC oder Dünnschichtsensor), der durch einen Strom aufgeheizt wird.

Sobald der beheizte Halbleiter einem Luftstrom ausgesetzt wird, kühlt sich dieser ab. Die Höhe des Wärmeentzuges ist ein Maß für die Luftgeschwindigkeit. Mit einer Regelschaltung wird die Temperatur des Elementes konstant gehalten, welches durch die Luftströmung abgekühlt wird. Der Regelstrom ist proportional zur Strömungsgeschwindigkeit.

Thermoanemometer FVA 935 THx



FVA935-TH4 / TH5



FVA935-TH4Kx / TH5Kx

Der Luftgeschwindigkeitssensor FVA 935 TH wird als Heißfilmanemometer betrieben. Dabei erhitzt ein durch den Sensor geschickter Strom die Widerstandszone, die durch die vorbeiströmende Luft wiederum abgekühlt wird. Die Abkühlung ist umso stärker je größer die Luftgeschwindigkeit beziehungsweise der Massenstrom ist und je niedriger die Lufttemperatur ist. Die sich eingestellte Gleichgewichtstemperatur ist ein Maß für den Massenstrom. Der im Sensor integrierte Temperaturfühler dient dabei zur automatischen Temperaturkompensation.

3

Technische Daten

Strömung	FVA 935T H4 / TH4Kx	FVA 935 TH5 / TH5Kx
Messbereich:	0 ... 2 m/s	0 ... 20 m/s
Auflösung:	0,001 m/s	0,01 m/s
Ansprechzeit:	< 1,5 s	
Genauigkeit	±(0,04 m/s + 1% v MW)	±(0,2 m/s + 2% v MW)
Temperaturkompensation:	0 ...+50 °C	
Anströmrichtung:	bidirektional	
Winkelabhängigkeit:	<3% v. MW bei Verdrehung < 15°	
Temperatur		
Messbereich:	-20 ...+70 °C	
Auflösung:	0,1 °C	
Genauigkeit:	±0,7 °C	
Nominalbedingungen		
Temperatur:	22 °C ± 2 K	
Luftfeuchte:	45 ±10 % r.H. (nicht kondensierend)	
Luftdruck	1013 mbar	
Stromversorgung:	6 ... 13V / 40 mA	

Maße

Sondendurchmesser: 6 mm

FVA 935 TH4/TH5: Sonde mit Handgriff Sondenlängen: 210 mm

(plus Handgriff) ALMEMO® Kabel: 1,5 m

FVA 935 TH4Kx/TH5Kx: Sonde mit abgesetzter Elektronik im Kabelgehäuse

Sondenlängen: THxK1 80 mm / THxK2 300 mm

Sondenkabel: 5 m zur Elektronik, ALMEMO® Kabel: 1,5 m

Wartung

Die Luftgeschwindigkeitstranssonden FVA 935 TH4/5 enthalten keine beweglichen Teile und sind daher verschleißfrei. Mit dem innovativen Heißfilmanemometerprinzip sind die Sensoren weitgehend unempfindlich gegen Schmutz und Staub, sodass bei Normalbedingungen keine Wartung erforderlich ist.

Bei starker Beanspruchung empfehlen wir eine periodische Reinigung mit Isopropylalkohol. Anschließend lässt man das Element an der Luft trocknen. Die Verwendung mechanischer Hilfsmittel ist zu vermeiden.

Thermoanemometer FV A605 TA

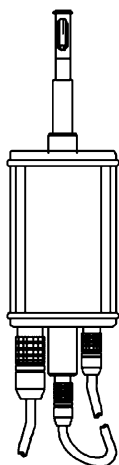
Zur Messung der Luftgeschwindigkeit gibt es im ALMEMO® Fühlerprogramm neben Flügelrädern, Staudrucksensoren auch laser-kalibrierte Thermoanemometer mit unidirektionaler oder omnidirektionaler Messempfindlichkeit. Durch die Speicherung der Fühlerdaten im ALMEMO® Stecker werden die Messwerte richtig skaliert in m/s angezeigt. Über einen Faktor oder die Eingabe einer Querschnittfläche ist es außerdem möglich, auch den Volumenstrom zu erfassen.

Messprinzip:

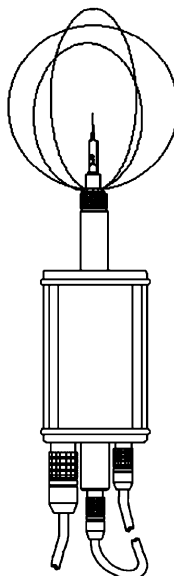
Der Messfühler hat einen NTC-Widerstand welcher auf eine konstante Über-temperatur zur Umgebung aufgeheizt wird. Damit misst man die Strömungs-
geschwindigkeit aufgrund der dazu benötigten Heizleistung. Da diese Messung stark von der Umgebungstemperatur abhängig ist, wird mit einem weiteren Präzisions-NTC-Widerstand die Umgebungstemperatur gemessen und automatisch kompensiert. Thermoanemometer eignen sich besonders für niedrige Windgeschwindigkeiten z.B. Zugluftmessungen.

3

Ausführungen:



FVA605-TAx



FVA605-TAxO

Das Thermoanemometer besteht aus einem Fühlerrohr, das den NTC-Temperaturfühler und den beheizten Miniaturthermistor enthält, sowie dem Fühlerwandlermodul mit der Auswerteelektronik für den Messfühler. Dieses ist zusammen mit dem dafür bestimmten Fühler justiert worden. Wandlermodul und Fühler sind darum nicht austauschbar! Das Modul ist mit derselben Fabrikationsnummer versehen wie sein Fühler (auf Typen-Schild).

Es gibt 2 mechanische Ausführungen mit 2 verschiedenen Messbereichen:
 Unidirektional (empfindlich in einer Richtung) mit geschützter Messspitze:

FV A605-TA1:	Luftgeschwindigkeit	0.010 1.000 m/s
FV A605-TA5:	Luftgeschwindigkeit	0.15 ... 5.00 m/s

Omnidirektional (richtungsunabhängige Kugelspitze) mit Schutzkorb

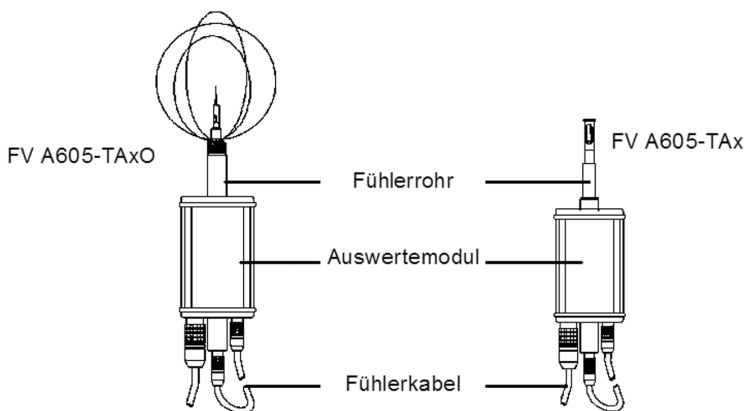
FV A605-TA10:	Luftgeschwindigkeit	0.010 1.000 m/s
FV A605-TA50:	Luftgeschwindigkeit	0.15 ... 5.00 m/s

Programmierung:

	FV A605 TA1/10	FV A605 TA5/50
Bereich:	0.010 1.000 m/s	0.15 ... 5.00 m/s
Ausgangssignal:	0 1V	0 1V
Bereich:	d2600	d2600
Dimension:	m/s	m/s
Faktor:	0.1	0.05
Exponent:	+1	+2
Basis:	-	-

Montage und Handhabung:

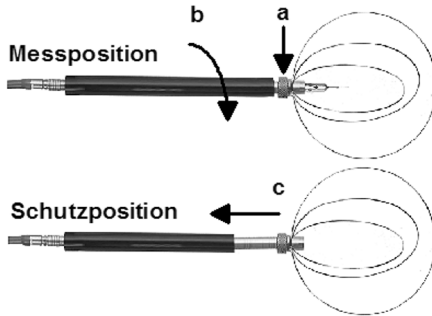
1. Fühler an blaues Fühlerkabel anschließen.
2. Auswertemodul mit schwarzem ALMEMO® Kabel an das Messgerät anschließen.



3. Messgerät einschalten.

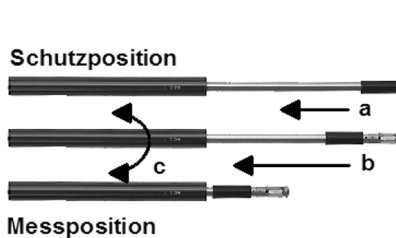
Der Fühler kann in das Auswerte-Modul hineingeschoben werden, wie in der Abbildung oben dargestellt ist. Damit erhält man eine kompakte, einfach zu handhabende Einheit. Alternativ kann der Fühler auch getrennt vom Auswerte-Modul eingesetzt werden:

1. Fühlerkabel vom Fühlerrohr trennen.
2. Fühlerrohr aus dem Modul herausziehen.
3. Fühlerkabel wieder am Fühler einstecken.

Fühlerschutz:**FV A605 TAxO**

1. In Messposition Fühlerspitze am gerändelten Griffband (a) festhalten.
2. Blauen Fühlergriff (b) im Uhrzeigersinn drehen.
3. Der Griff schnappt zurück (c) und die Fühlerspitze verschwindet in Schutzposition.
4. Umgekehrt Schritt 3 bis 1 um die Fühlerspitze wieder in Messposition zu bringen

3

FV A605 TAx

1. Zum Öffnen der Fühlerspitze schwarze Schutzkappe (a) in Griff-richtung zurückschieben.
2. Bei festgehaltenem Fühlerrohr kann dieses durch leichtes Verdrehen des blauen Fühlergriffes (b) gelöst oder gesichert werden.
3. Fühlerrohr in die gewünschte Position bringen und durch Verdrehen sichern.

Messung:

Nach dem Anstecken der Sonde und Einschalten des ALMEMO® Gerätes, werden die Messwerte richtig mit Dimension skaliert und können sofort in m/s abgelesen werden.

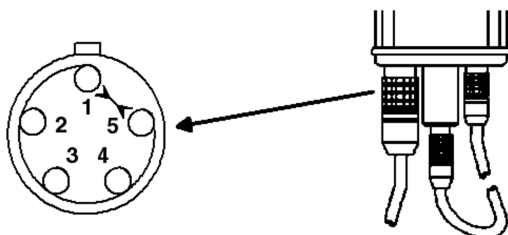
Bei Messungen in einem Kanal sind die Sicherheitsabstände zu Turbulenzstellen einzuhalten. Um ruhige Messwerte zu erhalten, ist das Messgerät ALMEMO® 2390-5 oder 2690-8 besonders geeignet, da es mit der Funktion ZEIT-KONSTANTE die Messwerte kontinuierlich mittelt. Weitere Messfunktionen zur Mittelwertbildung und zur Volumenstrommessung sind im ALMEMO® Handbuch (s. Hb. 3.5.5) bzw. in der ALMEMO® Anleitung Mittelwertbildung beschrieben.

Nullpunktabgleich:

Normalerweise ist ein Nachjustieren des Nullpunktes nicht nötig. Über längere Zeit, oder durch starke Erschütterungen beim Transport, kann er sich jedoch etwas verschieben.

Wenn das Ausgangssignal bei abgedecktem Fühler nicht 0 m/s entspricht, sollte ein Nullabgleich durchgeführt werden.

1. Fühler muss geschlossen sein, nach Schließen mindestens 3 Minuten warten.
2. An der Buchse "LEMO (groß)" Pin 1 und Pin 5 ca. 3 bis 4 Sekunden lang kurzschließen, anschließend wieder trennen.
3. Das Auswerte-Modul befindet sich nun im Abgleichmodus



und führt automatisch einen Nullpunktabgleich durch.

Nach einer Wartezeit von ca. 2 Minuten ist der Fühler wieder einsatzbereit.



Es ist dafür zu sorgen, dass während des Abgleichs die Umgebungstemperatur stabil bleibt.

Sicherung:

Falls trotz anliegender Speisespannung kein Ausgangs-Signal vorhanden ist, so ist die Stromversorgung für min. 30 Sek. zu unterbrechen. Dadurch kann sich die evtl. ausgelöste PTC-Sicherung wieder regenerieren.

Reinigung:

Die Messfühler sind im Prinzip wartungsfrei. Schmutzablagerungen am Heiß-NTC führen jedoch zu Messfehlern.

Zum Reinigen kann das Kopfteil in einer nicht aggressiven Reinigungsflüssigkeit sorgfältig geschwenkt werden. Anschließend in destilliertem Wasser auswaschen und gut trocknen lassen.



ACHTUNG!

Die Fühlerspitze NICHT berühren! Das Kopfteil NIEMALS mit einem Heißluft-Föhn oder Pressluft trocknen!
Die empfindlichen Messspitzen können beschädigt werden.

Technische Daten:**Elektronikbox mit Fühler**

Messbereich:	FV A605 TA1(O):	0,01 bis 1 m/s
	FV A605 TA5(O):	0,15 bis 5 m/s
Auflösung:	FV A605 TA1(O):	0,001 m/s
	FV A605 TA5(O):	0,01 m/s
Genauigkeit:	FV A605 TA1(O):	$\pm 1,0\%$ v. Endwert; $\pm 1,5\%$ v. Messwert
	FV A605 TA5(O):	$\pm 0,5\%$ v. Endwert; $\pm 1,5\%$ v. Messwert
Nennbedingungen:	22 °C, 960 hPa	
Autom. Temperaturkompensation:	wirksam im Bereich 0 bis 40°C	
Temperatureinfluss:	$\pm 0,5\%$ vom Endwert/°C	

Fühler

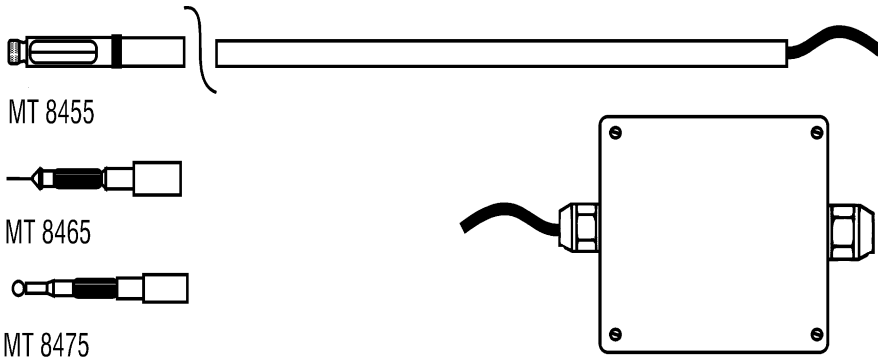
Kopfgröße:	Ø 8 mm	
Schaft:	Ø 15 mm	
Einsatzbereich:	0 bis 40°C	
Anströmungswinkel:	FV A605 TA1/TA5:	$\pm 30^\circ$
	FV A605 TA10/TA50:	$\pm 180^\circ$
Einfahröffnung:	FV A605 TA _x	Ø 9 mm
	FV A605 TA _x O:	Ø 110 mm (Schutzkorb)
Fühlerlänge	FV A605 TA _x :	300 m
	FV A605 TA _x O:	310 mm
Kabellänge:	1,5 m	
Lagertemperatur:	-30 bis +90°C	

Allgemeine technische Daten

Messmedien:	trockene Luft oder inerte Gase	
Ansprechzeit:	FVA 605 TA _x D:	gedämpft: $1\tau = 2\text{ s}$
	FVA 605 TA _x U:	ungedämpft: $1\tau = 100\text{ ms}$
Speisung:	aus ALMEMO® Gerät (ca. 7 - 10V)	
Stromverbrauch:	ca. 70 mA	
Ausgangssignal:	0 bis 1V, linearisiert, Lastwiderstand mind. 10kΩ	
Gehäuse:	Abmessungen:	100 x 60 x 35 mm (L x B x H)
	Schutzart:	IP 40 (Aluminiumgehäuse)
	Gewicht:	ca. 250 g
Betriebstemperatur:	0 bis 40°C	
Lagertemperatur:	-30 bis 90°C	
Luftfeuchtigkeit:	0 bis 90% r.F., nicht kondensierend	
Justiernormal:	Laser-Doppler-Windkanal, zertifiziert nach SN EN 45001	
	Justierung bei 22°C/ca. 960hPa	

Thermoanemometer MT 84x5

Die Thermoanemometer MT 84x5 sind laserkalibrierte, hochgenaue Sonden mit einstellbaren Messbereichen und Norm-Ausgangssignalen.



MT 8455: Vielzwecksensor mit geschützter Messspitze

MT 8465: Stabsensor mit kleiner Messspitze

MT 8475: Omnisensor mit richtungsunabhängiger Kugelspitze

Über ein spezielles Verbindungskabel können die Thermoanemometer an alle ALMEMO® Geräte angeschlossen werden. Die Geräte erkennen automatisch den Sensor und zeigen den richtigen Messwert mit entsprechender Dimension im Display an.

Messung

Die Sonde muss vor dem Gebrauch fest angebracht werden. Die Durchflussrichtung ist an der Sonde markiert. Um ruhige Messwerte zu erhalten, d.h. um eine schwankende Anzeige besser ablesen zu können, ist eine hohe Zeitkonstante einzustellen oder die Mittelwertbildung der Messgeräte zu verwenden.

Reinigung

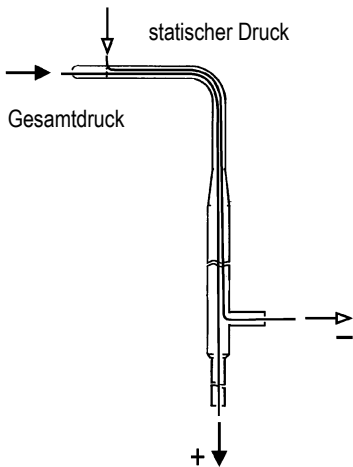
Staub und Schmutz können sich an der Sonde absetzen. Falls notwendig, kann die Sonde mit einer weichen Bürste und einer milden Reinigungslösung wie Isopropylalkohol gereinigt werden.

Technische Daten MT 84x5:

Messbereiche:	MT 8455, MT 8465 einstellbar von 0.125 m/s bis 1.0 / 1.25 / 1.5 / 2.0 / 2.5 / 3.0 / 4.0 / 5.0 / 7.5 / 10.0 12.5 / 15.0 / 20.0 / 25.0 / 30.0 / 40.0 / 50.0 m/s MT 8475 einstellbar von 0.05 m/s bis 0.5 / 0.75 / 1.0 / 1.25 / 1.5 / 2.0 / 2.5 m/s
Genauigkeit:	MT 8455/8465: $\pm 2\%$ v. MW., $\pm 0.5\%$ vom selektierten Bereich MT 8475: $\pm 3\%$ v. MW., $\pm 1\%$ vom selektierten Bereich
Nenntemperatur:	MT 8455/8465: 18–28°C<, > °C +0.2% je °C MT 8475: 20–26°C<, > °C +0.5% je °C
Nennlage:	horizontal
Auflösung:	0.07 % vom selektierten Bereich
Reproduzierbarkeit:	$<\pm 1\%$ vom Messwert
Versorgungsspannung:	11 bis 30 V DC
Stromverbrauch:	max. 350 mA
Zeitkonstante:	wählbar von 0.05 bis 10 s
Einsatzbereich:	0 bis 60 °C
Abmessungen:	Sonde 300 mm lang, Messspitze 32 mm, Kabel 5 m Gehäuse 126 x 80 mm, 60 mm hoch

3.5.3 Staudruckmessmodule

Grundlagen



Die Luftgeschwindigkeit wird über Staudruck und statischen Druck ermittelt. Dieser entsteht, wenn ein Prandtl-Staurohr in eine Luftströmung gehalten wird.

Der Gesamtdruck trifft auf die Staurohröffnung auf und wird an den Anschluss (+) des Druckmessmoduls weitergeleitet.

Der reine statische Druck wird über die seitlichen Schlitze aufgenommen und liegt am Anschluss (-) an.

Die Druckdifferenz, der dynamische Druck, ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit. Dieser wird ausgewertet und angezeigt.

Der Staudruck hängt mit Luftgeschwindigkeit folgendermaßen zusammen:

1. Dichte der Luft:

$$\rho = \rho_0 \frac{273}{273 + T}$$

mit $\rho_0 = 1.292 \text{ kg/m}^3$ (Dichte bei 0°C)
 $T =$ Lufttemperatur in $^\circ\text{C}$

2. Luftgeschwindigkeit (gültig bis ca. 40 m/s):

$$v = \sqrt{\frac{2p}{k\rho}}$$

mit $p =$ Staudruck in Pa
 $k =$ Beiwert der Sonde
 Prandtlrohr: $k = 1$
 Zylindersonde: $k = 1.7$

3. Luftgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Kompressibilität der Luft (gültig auch über 40 m/s):

$$v = \sqrt{\frac{p}{\rho/2 + p/4 c^2}}$$

mit $c =$ Schallgeschwindigkeit in Luft
 $(331 + 0.6 \times T \text{ m/s})$

Aus den Formeln ist zu erkennen, welchen Einfluss die Lufttemperatur auf die Luftdichte und damit auf das Messergebnis der Staudruckmessung hat. Außerdem geht die Abweichung des Luftdrucks p_a vom Normdruck 1013 mbar in das Ergebnis mit ein. Zur Korrektur der Geschwindigkeit kann folgender Faktor verwendet werden:

$$K = \sqrt{\frac{1013 \text{ mbar}}{p_a}}$$

$K \approx 1 + (1013 - p_a) \cdot 0.0005$ (in 1. Näherung)

Luftgeschwindigkeit für ausgewählte Staudrucke (Prandtl-Staurohr, $T = 22\text{ °C}$)

Staudruck [Pa]	Staudruck [mmWS]	Luftgeschwindigkeit [m/s]
1	0,1	1,29
2	0,2	1,83
3	0,3	2,24
4	0,41	2,59
5	0,51	2,89
10	1,02	4,09
20	2,04	5,78
30	3,06	7,08
40	4,08	8,18
50	5,1	9,14
100	10,2	12,93

Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung von Temperatur und Luftdruck:

Die tatsächliche Luftgeschwindigkeit ist abhängig von Lufttemperatur und barometrischem Luftdruck. Deshalb muss für exakte Messungen der Luftgeschwindigkeit der Messwert gemäß folgender Tabelle korrigiert werden.

Luft-temperatur	940 mbar	960 mbar	980 mbar	1000 mbar	1020 mbar	1040 mbar
- 30 °C	0,942	0,932	0,922	0,913	0,904	0,895
- 20 °C	0,961	0,951	0,941	0,932	0,923	0,914
- 10 °C	0,980	0,970	0,960	0,950	0,941	0,931
0 °C	0,998	0,988	0,978	0,968	0,958	0,949
10 °C	1,016	1,005	0,995	0,985	0,975	0,966
20 °C	1,035	1,024	1,013	1,003	0,993	0,983
30 °C	1,051	1,040	1,029	1,019	1,009	0,999
40 °C	1,069	1,057	1,047	1,036	1,026	1,016
50 °C	1,085	1,074	1,063	1,052	1,042	1,031
60 °C	1,102	1,090	1,079	1,068	1,057	1,047
70 °C	1,118	1,106	1,095	1,084	1,073	1,063
80 °C	1,135	1,123	1,111	1,100	1,089	1,078
90 °C	1,151	1,139	1,127	1,116	1,105	1,094
100 °C	1,167	1,154	1,142	1,131	1,120	1,109
150 °C	1,242	1,229	1,216	1,204	1,192	1,180
200 °C	1,314	1,300	1,287	1,274	1,261	1,249
250 °C	1,381	1,367	1,353	1,339	1,326	1,313
300 °C	1,446	1,431	1,416	1,402	1,388	1,375
400 °C	1,567	1,550	1,534	1,519	1,504	1,489
500 °C	1,680	1,663	1,646	1,629	1,613	1,597
600 °C	1,784	1,766	1,748	1,730	1,713	1,696
700 °C	1,884	1,865	1,846	1,827	1,809	1,791

Beispiel:

Luftgeschwindigkeit 50 m/s, Lufttemperatur 80 °C, Luftdruck 960 mbar. Der gemessene Wert muss mit dem Korrekturfaktor 1.123 multipliziert werden. Die Luftgeschwindigkeit beträgt also 56.1 m/s.

ALMEMO® Druckmessstecker:

Zur Strömungsmessung gibt es im ALMEMO® Fühlerprogramm aufsteckbare Druckmessstecker FDA602-SxK und als Zubehör robuste Prandtl-Staurohre in Edelstahlausführung oder aus vernickeltem Messing. Sie werden über Schläuche an den Druckmessstecker angeschlossen. Zylindersonden lassen sich auch verwenden, wenn man den spezifischen Beiwert der Sonde (1.7) durch Programmieren eines Faktors von $1/\sqrt{1.7} = 0.767$ berücksichtigt.

Die Messgrößen Staudruck und Luftgeschwindigkeit sind im ALMEMO® Fühlerstecker auf zwei Messkanälen programmiert und können mit jedem ALMEMO® Messgerät aufgerufen und richtig skaliert mit Dimension angezeigt werden.



Druckmessstecker FDA 602 SxK

Staurohr FD 9912

Bezeichnung	Kanal	Messbereich	Dim	Bereich	Faktor	Exp
FD A602 S1K:	1.Kanal:	0.5...40.0 m/s	ms	L840	-	-
	2.Kanal:	± 1250.0 Pa	Pa	Volt	-	3
FD A602 S6K:	1.Kanal:	1.8...90.0 m/s	ms	L890	-	-
	2.Kanal:	± 6800 Pa	Pa	Volt	0.4	4

Nullpunktgleich der Druckaufnehmer

Der Nullpunkt der Druckaufnehmer kann sich durch Lageänderungen und Temperaturschwankungen verschieben. Deshalb ist es sinnvoll, den Nullpunkt vor jeder Messung abzugleichen. Für den Abgleich müssen die Druckschläuche abgezogen, bzw. das Staurohr aus dem Strömungskanal herausgenommen werden. Wenn sich der Messwert stabilisiert hat, kann der Nullpunktgleich erfolgen. Dieser 'Nullpunktgleich' ist in der Bedienungsanleitung des jeweiligen Gerätes unter Fühlerabgleich-Nullpunkt beschrieben. Den Schnittstellenbefehl finden Sie im Kap. 6.4.2.



Der Nullpunktgleich ist bei jeden aktiven Kanal (m/s, Pa) getrennt durchzuführen.

Beim Ausschalten geht dieser Abgleich verloren. Deshalb müssen Sie bei der nächsten Messung einen neuen Abgleich durchführen.

3

Temperaturkompensation für Luftgeschwindigkeit

Weicht die Messtemperatur stark von der Bezugstemperatur 25 °C ab, dann sollte der Temperatureinfluss (Bereich -50.0 bis +700.0 °C) am besten durch Messung mit einem NiCr-Ni-Temperaturfühler kompensiert werden. Bei ALMEMO® V5- und V6-Geräten ist jeder geeignete Temperaturfühler (Auflösung 0.1°C) mit Hilfe des Bezugskanals zur Kompensation verwendbar (s. 6.3.4). Sind die Verhältnisse relativ konstant, genügt die Eingabe eines Korrekturfaktors gemäß der o.a. Tabelle.

Handhabung der Druckmessmodule



Achten Sie auf den richtigen Anschluss des Staurohres. Eine Verwechslung der Druckanschlüsse führt zu Fehlmessungen



Achtung:

Die Druckmesswertgeber beinhalten sehr empfindliche Druckmessdosen.

Beachten Sie die zulässigen Maximaldrücke, sie dürfen nicht überschritten werden!

Vorsicht beim Abziehen der Schläuche!

Drücken Sie die Schläuche nicht zusammen.

Sie vermeiden damit schädliche Unterdrücke.

Vermeiden Sie zu starke Erschütterungen!

Lassen Sie keine aggressiven Gase an die Membran der Druckdosen gelangen, die sie zerstören würden!

Technische Daten

Druckmessstecker:

Überlastbarkeit:	Maximal dreifacher Endwert
Maximaler Gleichtaktdruck:	700 mbar
Genauigkeit (Nullp. abgegl.):	$\pm 0,5$ % vom Endwert im Bereich 0 bis positiver Endwert
Nenntemperatur:	25 °C
Temperaturdrift:	$< \pm 1,5$ % vom Endwert
kompensierter Temp.-Bereich:	0 bis 70 °C
Arbeitsbereich:	-10 bis +60 °C, 10 bis 90 % r.H. nicht kondensierend
Abmessungen:	74 x 20 x 8,8 mm
Schlauchanschlüsse:	5mm Ø, 12mm lang
Sensormaterial:	Aluminium, Nylon, Silicon, Silicongel, Messing

Staurohre:

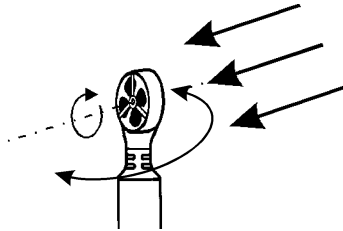
Bestell-Nr.	Kopf-Ø	Schaft-Ø	Länge	Einsatz bis
FD 9912-33MS	3 mm	6 mm	300 mm	150 °C
FD 9912-33VA	3 mm	6 mm	300 mm	300 °C
FD 9912-54MS	5 mm	8 mm	400 mm	350 °C
FD 9912-54VA	5 mm	8 mm	400 mm	500 °C
FD 9912-56MS	5 mm	8 mm	600 mm	350 °C
FD 9912-56VA	5 mm	8 mm	600 mm	500 °C
FD 9912-84MS	8 mm	8 mm	400 mm	350 °C
FD 9912-84VA	8 mm	8 mm	400 mm	500 °C
FD 9912-88MS	8 mm	8 mm	800 mm	350 °C
FD 9912-88MS	8 mm	8 mm	800 mm	600 °C
FD 9912-97VA	10 mm	10 mm	1000 mm	350 °C
FD 9912-97VA	10 mm	10 mm	1000 mm	600 °C
FD 9912-98MS	10 mm	20 mm	1500 mm	350 °C
FD 9912-98VA	10 mm	20 mm	1500 mm	600 °C
FD 9912-99MS	20 mm	20 mm	2000 mm	350 °C
FD 9912-99VA	20 mm	20 mm	2000 mm	600 °C

MS = Messing vernickelt, VA = Chrom-Nickel-Stahl

3.5.4 Flügelräder

Zur Strömungsmessung gibt es im ALMEMO® Fühlerprogramm die Flügelräder FV A915-Sxxx mit auswechselbarem Schnappkopf oder FV A915-MA1 mit festem Messkopf. Sie sind besonders für den robusten Einsatz in der Klimatechnik geeignet. Die Luftgeschwindigkeit kann mit jedem ALMEMO® Messgerät aufgerufen und richtig skaliert mit Dimension angezeigt werden.

Messprinzip



Die Strömungsgeschwindigkeit wird über eine Frequenzmessung ermittelt. Das strömende Medium setzt das Flügelrad in Bewegung. Über eine induktive Impulszählung mit Hilfe eines Mikrokontrollers im ALMEMO® Stecker werden die Umdrehungen des Flügelrades erfasst und als Geschwindigkeit angezeigt.

3

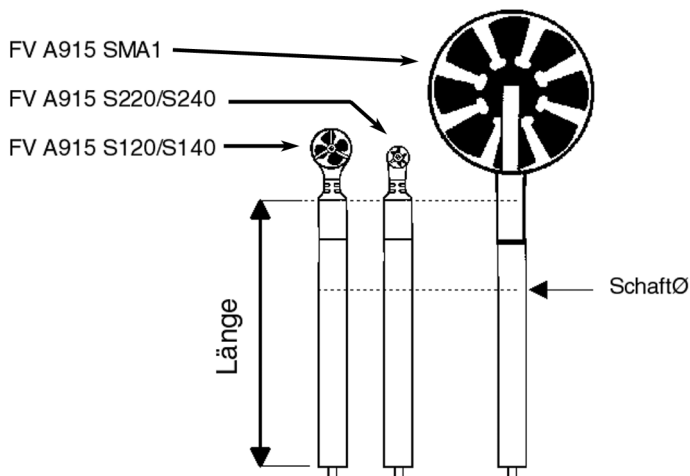
Messung

Um mit einer Flügelrad-Messsonde korrekte Messwerte zu erhalten muss die Flügelradachse parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet sein. Wird die Messsonde im Luftstrom leicht gedreht, ändert sich der Anzeigewert am Messgerät. Die Messsonde ist exakt im Luftstrom positioniert, wenn der Anzeigewert am größten ist. Bei Strömungsmessungen mit Flügelrädern kommt es häufig zu folgenden Messsituationen, in denen das Strömungsprofil stark inhomogen ist:

- Messung an Luftauslässen: Um korrekte Messwerte zu erhalten muss hier ininigem Abstand vom Gitter mit großen Flügelrädern gemessen werden, bei denen die Messwerte über den größeren Messkopf integriert und gemittelt werden. Werden kleinere Flügelräder verwendet, muss räumlich über Einzelwerte oder eine bestimmte Zeit gemittelt werden.
- Messungen an Ansaugungen: Um definierte Strömungsverhältnisse in einem festen Querschnitt zu erhalten, wird das Flügelrad in einem Messtrichter positioniert.

Ausführung

Unsere Flügelräder sind sensible Messwertaufnehmer mit Diamantlager, die sehr präzise justiert sind. Dadurch wird eine hohe Genauigkeit erreicht. Die Aluminium-Flügelräder sind in strömungstechnisch ausgebildeten Messköpfen aus Kunststoff (Polysulfon) angeordnet. Die Achsen sind standardmäßig in geschützten, ölgetränkten Berilliumbronzehülsen geführt und in Spitzen aus Spezial-Einsatzstahl gelagert. Hierdurch sind die Geber für robusten Einsatz in der Klimatechnik besonders geeignet. Die Flügelräder sind teilweise mit Schnapp-Messköpfen ausgerüstet und damit sehr servicefreundlich.



Messbereich	Kopf Ø	Einfahröffnung	Schaft Ø	Länge	Bestell-Nr.
0.3 bis 20 m/s	22 mm	ab 35 mm	15 mm	175 mm	FV A915 S120
0.4 bis 40 m/s	22 mm	ab 35 mm	15 mm	175 mm	FV A915 S140
0.5 bis 20 m/s	11 mm	ab 15 mm	15 mm	165 mm	FV A915 S220
0.6 bis 40 m/s	11 mm	ab 15 mm	15 mm	165 mm	FV A915 S240
0.2 bis 20 m/s	80 mm	ab 108 mm	15 mm	235 mm	FV A915 SMA1

Technische Daten:

Genauigkeit:	FV A915 S120 -S140:	±0.5% v. Ew. ±1.5% v. Mw.
	FV A915 S220 -S240:	±1 % v. Ew. ±3 % v. Mw.
	FV A915 SMA1:	±0.5% v. Ew. ±1.5% v. Mw.
max. Auflösung:	0.01 m/s	
Nenntemperatur:	22°C ±2K	
Einsatzbereich:	-20 bis +140°C	

3.5.5 Volumenstrommessung

Zur Bestimmung des Volumenstroms VS in Lüftungskanälen wird die mittlere Strömungsgeschwindigkeit mit der Querschnittsfläche F multipliziert:

$$VS = v_M \cdot F \cdot 0.36$$

VS = Volumenstrom in m³/h,
 F = Querschnittsfläche in cm²,
 v_M = mittlere Strömungsgeschwindigkeit in m/s

Luftmengenmessung mit Aufsatztrichter

Zur Luftmengenmessung an Lüftungsauslässen (z.B. Tellerventilen) bis 200 mm Durchmesser gibt es für das Makro-Flügelrad FV A915-MA1 als Zubehör den Aufsatztrichter ZV 9915-LM. Durch Skalierung der Luftgeschwindigkeit mit dem Faktor 1.3762, Exponent +1 und Dimension mh erhält man die Luftmenge in m³/h. Ein Korrekturfaktor für die Zwangsdurchströmung des Flügelrades ist dabei schon berücksichtigt. Die Messgröße Volumenstrom kann auch als 2. Kanal programmiert werden.

3

Kanal	Funktion	Messbereich	Dim	Bereich	Faktor	Exp
1.Kanal:	Luftgeschwindigkeit	0.2...20.00 m/s	ms	L420	-	-
2.Kanal:	Volumenstrom	1.0...275.0 m3/h	mh	L420	1.3762	+1

Volumenstrommessung mit Mittelpunktsonde

Zur überschlägigen Volumenstrommessung reicht es, eine Strömungssonde im Mittelpunkt des Kanals anzuordnen. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ist ca. $0.8 \cdot v$ (s.u. Netzmessung Mittelpunktmethode). Durch Skalierung der Geschwindigkeit mit dem Faktor $(0.8 \cdot F \cdot 0.36)$ kann der momentane Volumenstrom kontinuierlich in m³/h angezeigt werden. Außer dem Faktor ist evtl. auch Exponent und Dimension zu programmieren.

Volumenstrombestimmung aus Mittelwert und Querschnitt

Um möglichst genaue Messwerte zu erhalten, muss die Strömungsgeschwindigkeit über die ganze Fläche integriert bzw. gemittelt werden. Bei den Handgeräten 2390-5, 2690-8, 2890-9 und der Anlage 5690-2M ist es möglich, die Querschnittsfläche direkt über die Tastatur in Funktion QF als Fläche F mit max. 32000 cm² oder in Funktion DN über den Durchmesser mit max. 2000 mm einzugeben. Der Volumenstrom VS kann dann in einem Funktionskanal 'Flow' als Produkt Mittelwert Fläche direkt in m³/h abgelesen werden (s. Geräteanleitung Kapitel 'Volumenstrommessung').

Je nach Gerätetyp und -version sind zur Ausgabe und Speicherung des Volumenstroms und der Anzahl der Messungen die Funktionskanäle 'Flow' und 'n(t)' verfügbar (siehe 6.3.3 bzw. Geräteanleitung).

Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit

Der wichtigste Parameter zur Volumenstrommessung ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit v_M . Da die Geschwindigkeit in jedem Kanal in der Mitte am größten und an den Wänden wesentlich niedriger ist, muss man sie nach einer der folgenden Methoden über den Querschnitt mitteln.

Zeitliche Mittelwertbildung:

Bei Luftmengenmessungen an Lüftungsgittern können Sie die mittlere Strömungsgeschwindigkeit durch eine zeitliche Mittelwertbildung bestimmen:

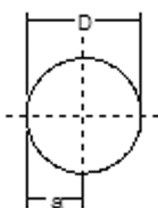
1. Stellen Sie den Mittelungsmodus für zeitliche Mittelwertbildung ein.
2. Setzen Sie das Flügelrad an einem Ende an und starten Sie die Mittelwertbildung.
3. Fahren Sie gleichmäßig den ganzen Querschnitt ab.
4. Wenn Sie das andere Ende erreicht haben, stoppen Sie die Mittelwertbildung wieder.



Netzmessungen:

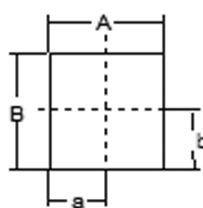
Bei Strömungsmessungen im Rahmen von Abnahmemessungen nach den Richtlinien VDI/VDE 2640 wird die mittlere Strömungsgeschwindigkeit in einem Netz aus einzelnen Messpunkten im senkrecht zur Leitungsachse liegenden Messquerschnitt bestimmt. Für diese Netzmessungen verwenden Sie die Mittelwertbildung über Einzelmessungen (s. Geräteanleitung). Eine Übersicht der verschiedenen Methoden finden Sie auf der nächsten Seite. Mit einem Staurohr oder Mikro-Anemometer, das die Strömung möglichst wenig beeinflusst, können Sie sehr exakte Messresultate erzielen. Den Mittelwert der Einzelmessungen v_M müssen Sie je nach Messmethode mit dem Korrekturfaktor k korrigieren: $v = k \cdot v_M$

I. Mittelpunktmethode



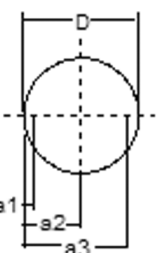
$D = 100 \%$
 $a = 50 \%$
 $D < 250 \text{ mm}$
 $k = 0,8$

II. Mittelpunktmethode



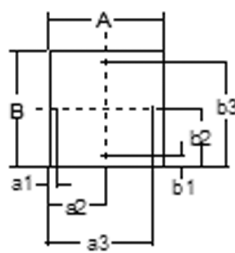
$A = 100 \%$
 $B = 100 \%$
 $a = 50 \%$
 $b = 50 \%$
 $A \text{ u. } B < 250 \text{ mm}$
 $A/B < 2$
 $k = 0,8$

III. 5-Punktmethode



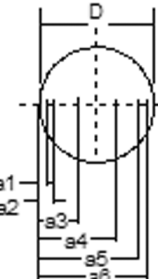
$D = 100 \%$
 $a1 = 10 \%$
 $a2 = 50 \%$
 $a3 = 90 \%$
 $D = 150..400 \text{ mm}$
 $k = 1,0$

IV. 5-Punktmethode



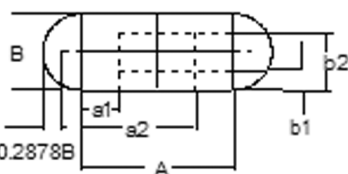
$A = 100 \%$
 $B = 100 \%$
 $a1, b1 = 10 \%$
 $a2, b2 = 50 \%$
 $a3, b3 = 90 \%$
 $A, B = 150..500 \text{ mm}$
 $A/B < 2$
 $k = 0,96$

V. 12-Punktmethode



$D = 100 \%$
 $a1 = 3.2 \%$
 $a2 = 13.5 \%$
 $a3 = 32.1 \%$
 $a4 = 67.9 \%$
 $a5 = 88.5 \%$
 $a6 = 96.8 \%$
 $D > 250 \text{ mm}$
 $k = 1,0$

VII. Flächenmeßmethode



Zwei Meßpunkte in den Halbkreisen
 Fläche wie VI.

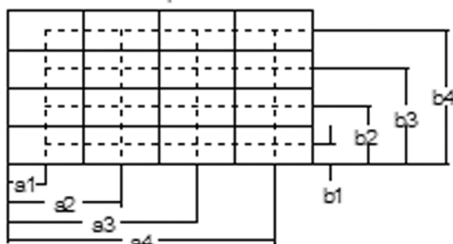
$A \text{ und } B > 50 \text{ mm}$ $k = 0,96$

VI. Flächenmeßmethode

Anzahl der Meßpunkte

A B mm	< 200	200.. 500	500.. 800	> 1000
< 200	2x2	2x3	2x4	2x5
200.. 500	3x2	3x3	3x4	3x5
500.. 800	4x2	4x3	4x4	4x5
> 1000	5x2	5x3	5x4	5x5

Die Fläche wird in gleiche Felder geteilt, von denen der Mittelpunkt die Meßstelle ist.




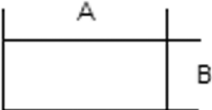
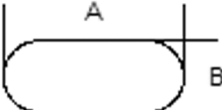
$A \text{ und } B > 100 \text{ mm}$

$k = 0,96$

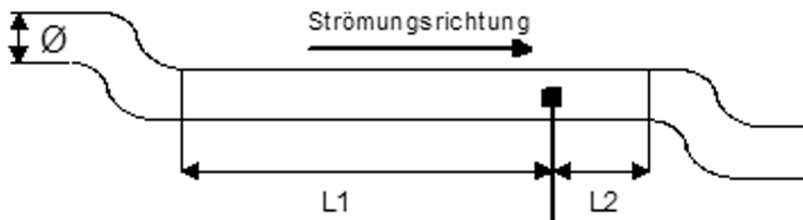
Durchführung:

Wenn Sie die Messungen nach den Richtlinien VDI/VDE 2640 durchführen, beachten Sie folgende Hinweise:

- Je nach Ausführung der Lüftungsanlage kommt es bereits bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten zu Turbulenzen.
- Führen Sie die Messungen in einem beruhigten Abschnitt einer Lüftungsanlage durch, in dem möglichst wenig Turbulenzen auftreten.
- Wählen Sie die Messstelle so, dass größtmögliche Sicherheitsabstände vor und hinter dem Messpunkt vorhanden sind. Als Sicherheitsabstand N bezeichnet man den Weg von einem möglichen Turbulenzpunkt bis zur Messstelle. Turbulenzen treten z.B. nach Ventilatoren, Krümmungen, Reduzierungen, Regelklappen, Gleichrichtern, Heizaggregaten oder Filtern usw. auf.
- Aus nachstehenden Formeln können Sie die Sicherheitsabstände N für die Auswahl des Messpunktes errechnen. Dabei ist L die von Hindernissen freie gerade Strecke eines Lüftungskanals.

Art des Kanals		Sicherheitsfaktor N	freie gerade Strecke
		$N = \frac{L}{D}$	L1=6 D L2=2 D
		$N = \frac{2L}{A+B}$	L1=3 (A+B) L2=A+B

- Wählen Sie den Sicherheitsabstand $N_1=L_1/D$ vor dem Messpunkt so, dass er gleich oder größer als 6 ist und den Sicherheitsabstand $N_2=L_2/D$ nach dem Messpunkt so, dass er gleich oder größer als 2 ist.



- Wenn Sie nur kurze, gerade Teile eines Rohrleitungssystems zur Messung zur Verfügung haben, können Sie durch eine höhere Anzahl von Messpunkten für die Mittelwertbildung einen geringeren Sicherheitsabstand N wählen. $N_1=L_1/D$ muss jedoch mindestens 2.5 betragen.