
Bedienungsanleitung Pitotrohr/ Staurohr



halstrup-walcher GmbH

Stegener Straße 10
D-79199 Kirchzarten, Germany

Phone: +49 (0) 76 61/39 63-0
Fax: +49 (0) 76 61/39 63-99

E-mail: info@halstrup-walcher.de
Internet: www.halstrup-walcher.de

Inhalt:

1	Das Pitotrohr/ Staurohr	3
2	Beschreibung der Konstruktion	4
3	Charakteristik.....	4
4	Das Teleskop-Pitotrohr/ Staurohr (auf Anfrage)	5
5	Das zerlegbare Pitotrohr/ Staurohr (auf Anfrage).....	6
6	Langzeitmessung	6
7	halstrup-walcher Sonderstaurohre	6
8	Empfohlene Wahl der Messstelle.....	6
9	Empfohlene Wahl der Messpunkte zur Pitotrohr-/ Staurohrmessung	7
10	Anordnung der Messpunkte bei einer Netzmessung in einem rechteckigen Querschnitt	8
11	Anzahl der nötigen Messpunkte.....	8
12	Berechnung der Geschwindigkeit	9
13	Auswahl der Pitotrohr-/ Staurohrgrößen.....	10

1 Das Pitotrohr/ Staurohr

Das Pitotrohr/ Staurohr ist ein anerkanntes Instrument zur Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit in Kanälen. Bei der Verwendung hochpräziser Mikromanometer erlaubt die Pitotrohr-/ Staurohrmessung weitaus genauere Messwerte als jede nicht über den Querschnitt integrierende Messmethode.

Der Vorteil eines Pitotrohres/ Staurohres besteht auch darin, dass mit relativ geringem Aufwand eine schnelle Messung mit reproduzierbaren Messergebnissen möglich ist. Im Vergleich zu anderen Messmethoden zur Geschwindigkeitsmessungen in geleiteter Luft- oder Gasströmung ergeben sich weitere Vorteile:

Es besteht kein Durchfluss des Mediums durch den Messaufbau. Dies schließt eventuelle Fehler durch den Einfluss von Systemveränderungen aus. Das bedeutet, dass es praktisch keine Entfernungsbegrenzung zwischen Pitotrohr/ Staurohr und Mikromanometer gibt. Die Tatsache, dass kein Gasdurchfluss vorliegt, verhindert auch die Ablagerung von Staub in den Pitotrohren/ Staurohren. Das Messverfahren kann daher problemlos auch in verunreinigten Medien eingesetzt werden, wie z. B. in staubhaltigen Abgasen oder solchen mit Verbrennungsrückständen. Die Robustheit der Pitotrohre/ Staurohre aus Edelstahl macht eine problemlose Reinigung mit Lösemittel und/oder trockener Druckluft möglich.

Die Temperaturbeständigkeit der halstrup-walcher Pitotrohre/ Staurohre \varnothing 8 mm beträgt im Dauereinsatz 450 °C, kurzzeitig ca. 550 °C, die Verbindungen sind hart gelötet. Die Temperaturbeständigkeit der Pitotrohre/ Staurohre $>$ \varnothing 8 mm beträgt im Dauereinsatz ca. 680 °C, kurzfristig bis 800 °C, die Verbindungen sind unter Schutzgas geschweißt. Die Anzeigeringe zur Vorwahl der Messpunkte sind bereits am Pitotrohr/ Staurohr angebracht und bis ca. 275 °C beständig.

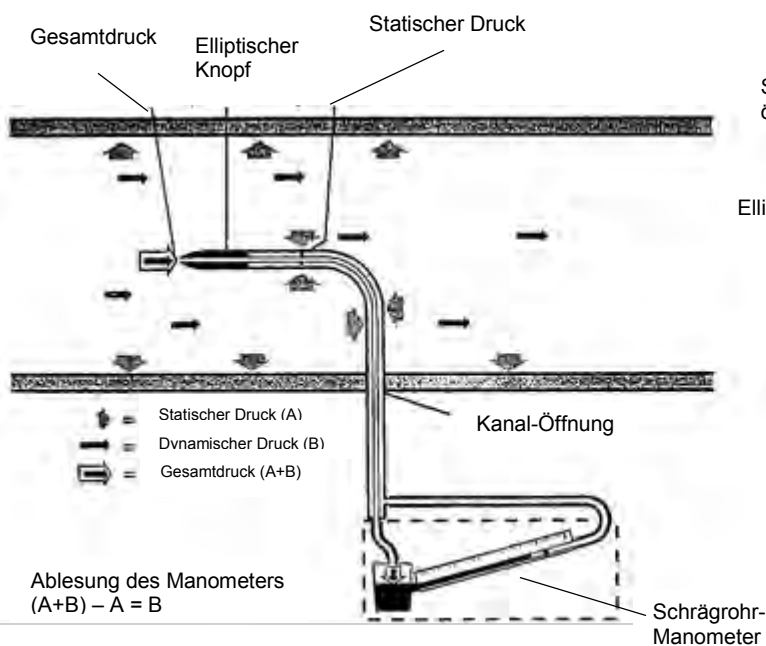


Abb. 1: Funktion des Pitotrohres/ Staurohres

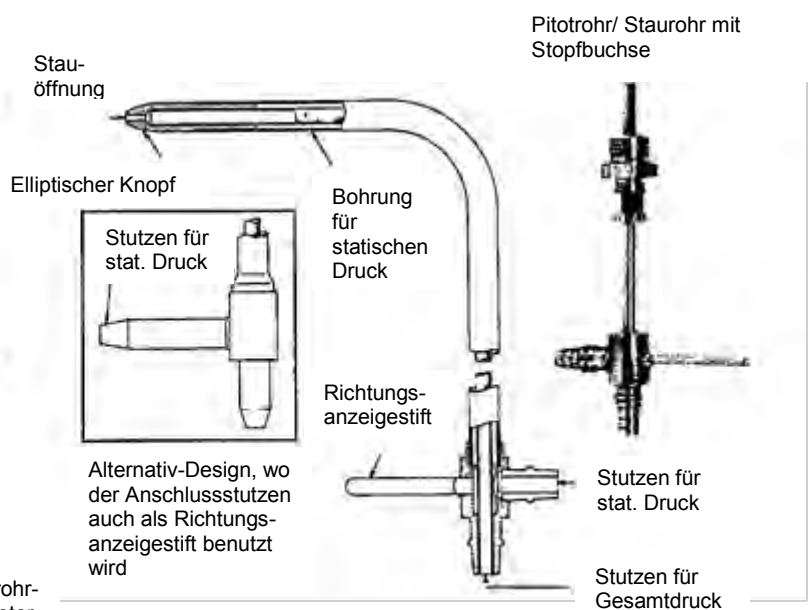


Abb. 2: Aufbau eines Pitotrohres/ Staurohres

2 Beschreibung der Konstruktion

Das Pitotrohr/ Staurohr besteht aus zwei konzentrisch angeordneten Metallrohren, deren Ende um 90° gebogen ist. So kann es nach Einführung in den Messkanal gegen die Strömungsrichtung gehalten werden. Das innere Rohr führt von der Staudrucköffnung an der Spitze zu dem Anschlussstutzen am anderen Ende des Pitotrohres/ Staurohres. Das äußere Rohr führt von den kreisförmig um die Rohrspitze angeordneten Öffnungen zu dem zweiten, rechtwinklig angeschweißten Anschlussstutzen (siehe Abbildung 2).

3 Charakteristik

Die Form des Kopfes, seine Größe, Anzahl und Anordnung der Bohrungen für die Aufnahme der Drücke sind Kriterien für die Charakteristik eines Pitotrohres/ Staurohres (siehe Abbildung 1). Die modifizierte elliptische Kopfform der halstrup-walcher Pitotrohre/ Staurohre übertrifft das klassische Prandtl-Staurohr in der Fehlertoleranz durch abweichende Anströmungsrichtung und hat sich in der Praxis daher bestens bewährt. Die Konstruktion zeichnet sich durch die Kombination von zwei praktischen Vorteilen aus: hohe Präzision im verwertbaren Bereich (Beiwert ist 0,997) und relative Unempfindlichkeit gegenüber abweichender Anströmungsrichtung (Abb. 3 und 4).

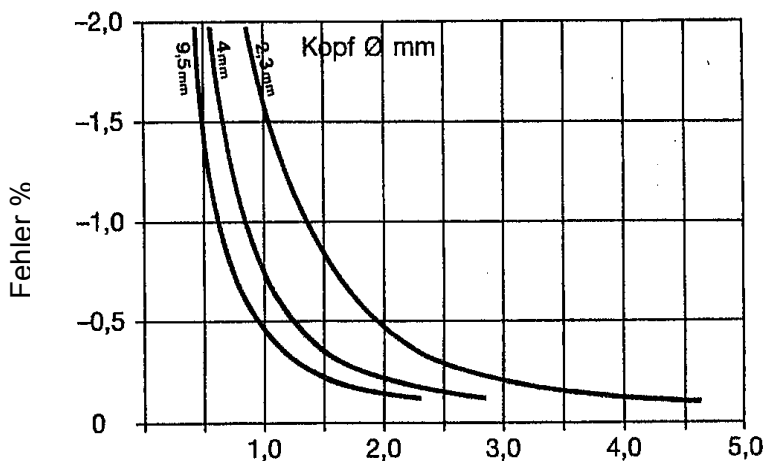


Abb. 3 Charakteristik von halstrup-walcher Pitotrohren/ Staurohren verschiedenen Durchmessers in sehr niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten

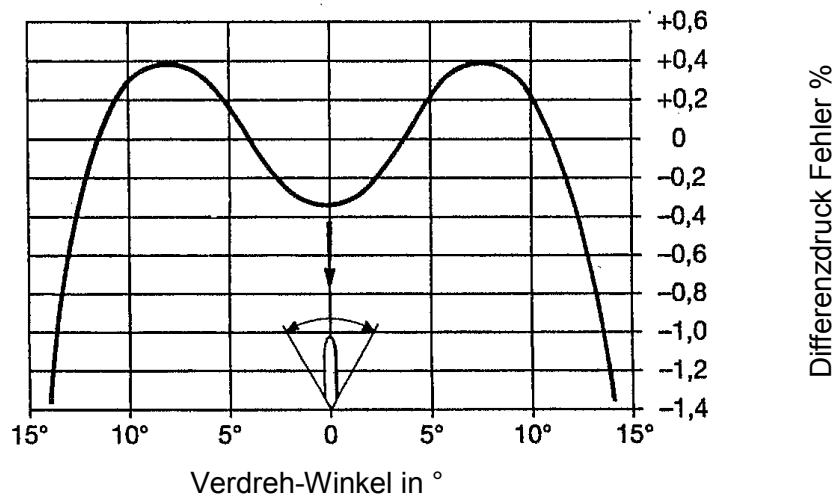


Abb. 4 Auswirkung des abweichenden Anströmungswinkels auf den Messfehler des Differenzdruckes

4 Das Teleskop-Pitotrohr/ Staurohr (auf Anfrage)

Besonders handlich im Transport ist das Teleskop-Pitotrohr/ Staurohr. Es besitzt die gleiche Genauigkeit wie vergleichbare Pitotrohre/ Staurohre. Es ist ausziehbar von 250 bis 980 mm, wiegt nur ca. 120 g und ist Temperaturbeständig bis ca. 100 °C.

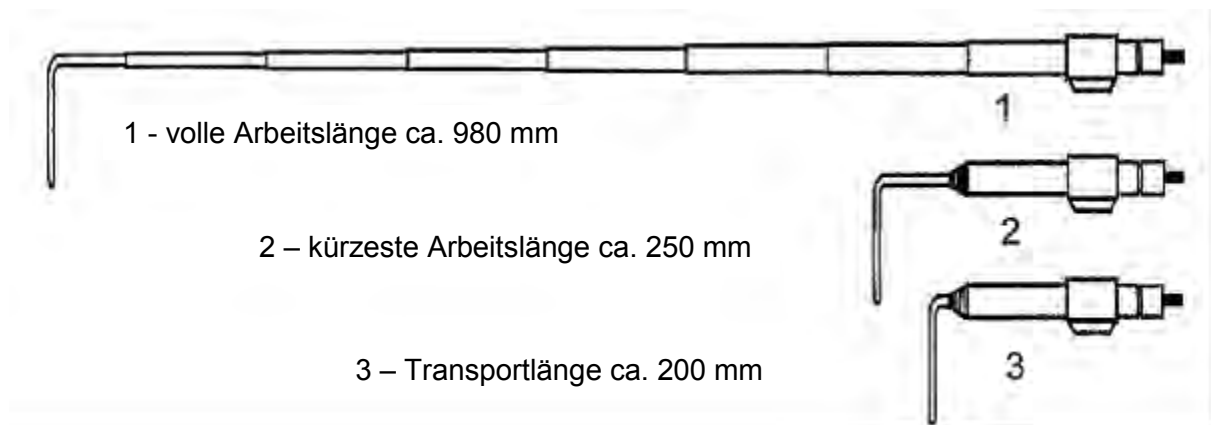


Abb. 5 Das Teleskop-Pitotrohr/ Staurohr

5 Das zerlegbare Pitotrohr/ Staurohr (auf Anfrage)

Pitotrohre/ Staurohre von mehr als 3 m Länge sind in der Mitte der Trägerrohre geteilt, um sie besser transportieren zu können. Die zwei Druckleitungen sind innen verschraubt und die Verbindung der Trägerrohre ist so gestaltet, dass es glatt durch die Messöffnungen durchgeführt werden kann.

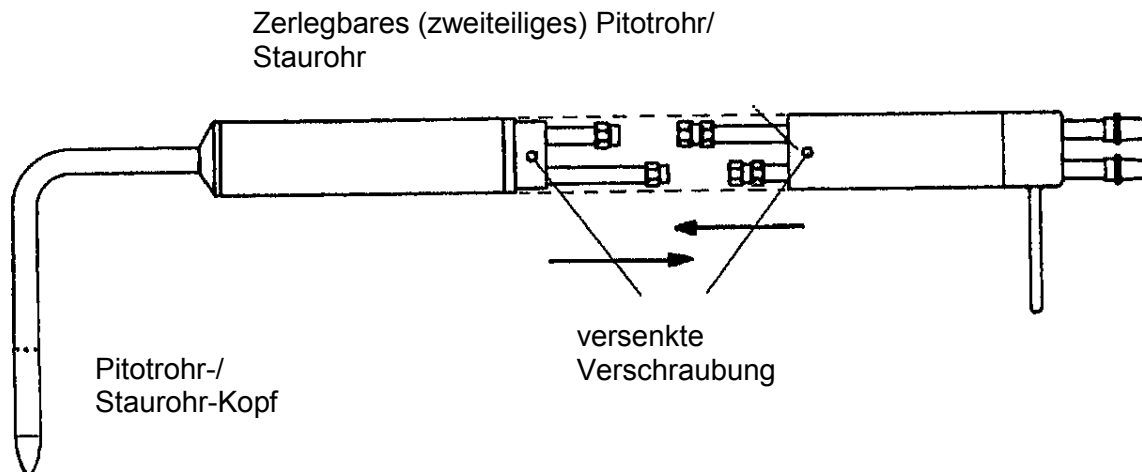


Abb. 6 Das zerlegbare Pitotrohr/ Staurohr

6 Langzeitmessung

Halstrup-walcher Pitotrohre/ Staurohre bis 1830 mm Länge werden für den permanenten Einbau im Kanalstück auch mit angebrachten Stopfbuchsen geliefert. Muffen zum Anschrauben oder Anschweißen an der Kanalwand zur Aufnahme der entsprechenden Stopfbuchsen werden in Messing oder Edelstahl angeboten.

7 halstrup-walcher Sonderstaurohre

Variationen wie z. B. ungebogene Pitotrohre/ Staurohre, S-Sonden, abweichende Längen oder Sonderkonstruktionen der Druckanschlüsse sind auf Wunsch lieferbar. Setzen Sie sich bei besonderen Wünschen direkt mit uns in Verbindung.

8 Empfohlene Wahl der Messstelle

In der Messstrecke sollte eine Messstelle gefunden werden, an der die Strömung am besten beruhigt ist. Umlenkungen, Querschnittsänderungen, Abzweigungen, Klappen und andere Einbauten sowie die Nähe der Ventilatoren wirken sich negativ auf die Strömungsverhältnisse aus, führen zu ungleichmäßiger Strömungsverteilung und somit zu Ergebnissen mit größerer Fehlertoleranz.

Die Messstelle soll daher innerhalb einer geraden Messstrecke mit gleichbleibender Form und Größe des Querschnitts angeordnet sein. Die Längen des störungsfreien Ein- und Auslaufes um die Messstelle sollen mindestens das Dreifache, besser Fünffache des Kanalquerschnittes (bei rechteckigen Kanälen entsprechend der Diagonalen des Kanalquerschnittes) betragen. Ist diese Anforderung nicht zu erfüllen, dann ist die Einlaufstrecke länger als die Auslaufstrecke zu wählen (Längenverhältnis ca. 2/3 zu 1/3).

9 Empfohlene Wahl der Messpunkte zur Pitotrohr-/ Staurohrmessung

Da die Luftgeschwindigkeit im Messquerschnitt nur an einzelnen Punkten gemessen werden kann, ist eine für den Messquerschnitt repräsentative Auswahl der Messpunkte zu treffen. Durch die entsprechende Anzahl und Lage der Messpunkte im Messquerschnitt soll der Luftstrom mit vertretbarem Zeit- und Kostenaufwand möglichst genau gemessen werden.

Für eine Messung teilt man den Messquerschnitt in gleichgroße Teilflächen ein und verwendet deren Flächenschwerpunkte als Messpunkte (Netzmessung). Bei rechteckigen Querschnitten sollten die Teilflächen der Form der Gesamtfläche ähnlich sein (Bild 9).

Bei runden Querschnitten wird die Messebene in flächengleiche Kreisinge eingeteilt. Die Messpunkte liegen auf den Schnittpunkten der Schwerlinien mit den zwei Messachsen (Bild 7).

Bei sehr gleichmäßiger Strömung kann auch eine Messachse genügen; in Sonderfällen können auch mehr Achsen oder der Einbau von Strömungsgleichrichtern erforderlich sein.

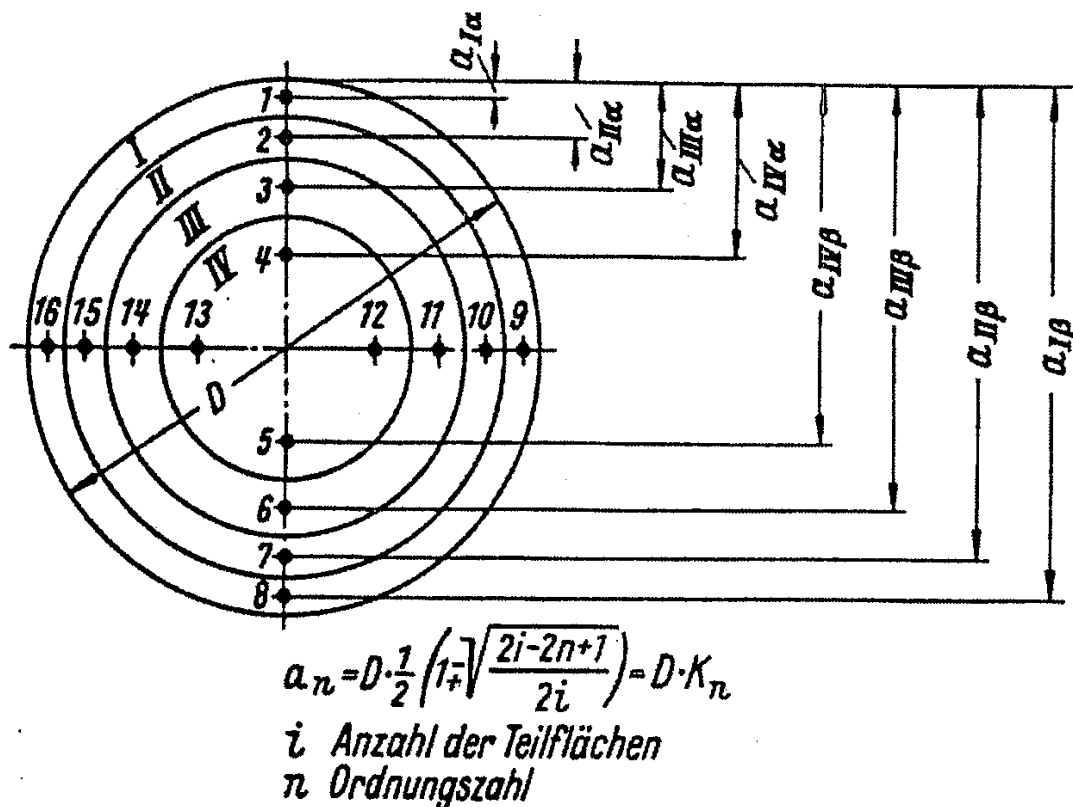


Abb. 7 Anordnung der Messpunkte bei einem runden Querschnitt

Werte für K_{τ}

$\tau \setminus L$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I α	0,14645	0,06699	0,04356	0,03229	0,02566	0,02129	0,01879	0,01588	0,01409	0,01266
I β	0,85355	0,93301	0,95644	0,96771	0,97434	0,97871	0,98181	0,98412	0,98591	0,98734
II α	X	0,25000	0,14645	0,10472	0,08167	0,06699	0,05679	0,04931	0,04357	0,03902
II β	X	0,75000	0,85355	0,89528	0,91833	0,93301	0,94320	0,95069	0,95643	0,96098
III α	X	X	0,29588	0,19382	0,14645	0,11812	0,09911	0,08542	0,07508	0,06689
III β	X	X	0,70412	0,80618	0,85355	0,88188	0,90089	0,91458	0,92492	0,93301
IV α	X	X	X	0,32322	0,22614	0,17725	0,14645	0,12500	0,10973	0,09689
IV β	X	X	X	0,67678	0,77386	0,82275	0,85355	0,87500	0,89087	0,90371
V α	X	X	X	X	0,34189	0,25000	0,20119	0,16928	0,14645	0,12919
V β	X	X	X	X	0,65811	0,75000	0,79881	0,83072	0,85355	0,87081
VI α	X	X	X	X	X	0,35566	0,26855	0,22049	0,18819	0,16459
VI β	X	X	X	X	X	0,64434	0,73146	0,77951	0,81180	0,83541
VII α	X	X	X	X	X	X	0,36637	0,28349	0,23648	0,20419
VII β	X	X	X	X	X	X	0,63363	0,71651	0,76352	0,79581
VIII α	X	X	X	X	X	X	X	0,37500	0,29588	0,25000
VIII β	X	X	X	X	X	X	X	0,62500	0,70412	0,75000
IX α	X	X	X	X	X	X	X	X	0,38215	0,30635
IX β	X	X	X	X	X	X	X	X	0,61785	0,69365
X α	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,38879
X β	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,61181

Abb. 8

10 Anordnung der Messpunkte bei einer Netzmessung in einem rechteckigen Querschnitt

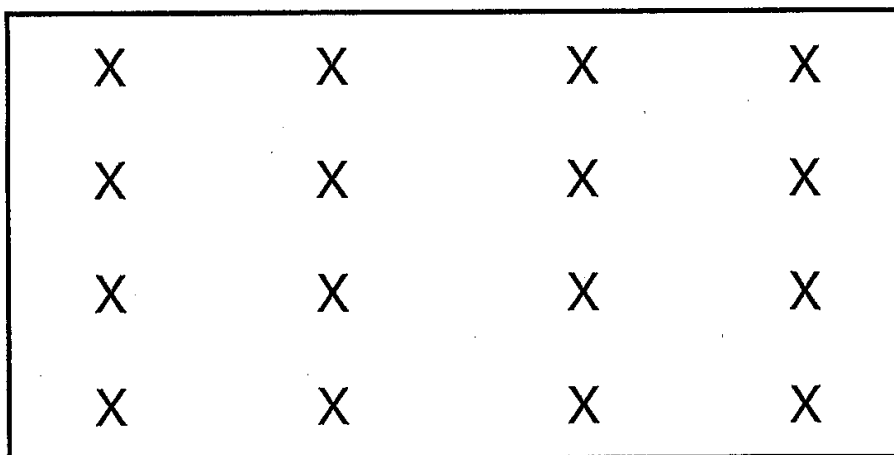


Abb. 9

11 Anzahl der nötigen Messpunkte

In der Regel reichen max. 20 Messpunkte in größeren Messquerschnitten aus. Die erforderliche Anzahl der Messpunkte richtet sich nach der Strömungsverteilung und der Fläche des Messquerschnittes. Je ungleichmäßiger die Strömungsverteilung ist, umso mehr Messpunkte sind nötig (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1

Messquerschnitt m ²	Anzahl der Messpunkte
0,03 bis 1 m ²	4
> 1 m ²	4 pro m ² Querschnitt

12 Berechnung der Geschwindigkeit

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

$$v \text{ (m/s)} = 1,29 \times \sqrt{p_{dyn} \text{ (Pa)}}$$

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 kalkuliert man selbst mit folgender Formel:

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

Abkürzungen in den Formeln:

- v : Strömungsgeschwindigkeit (m/s) im Betriebszustand des Mediums
- ρ_f : Dichte des Mediums
- ρ_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

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

13 Auswahl der Pitotrohr-/ Staurohrgrößen

Tabelle 2: Abmessungen/ Stopfbuchsen für Pitotrohre/ Staurohre

Gesamt- länge (mm)	Rohr Ø (mm)	Kopf Ø (mm)	Kopf- länge (mm)	Stopfbuchse	
				Lieferbar	Gewinde (Zoll)
305	4	2,3	37,2	ja	1/4 ² "
305	4	4	64	ja	1/4 ² "
483	8	8	130	ja	3/8"
795	8	8	130	ja	3/8"
1000	8	8	130	ja	1/2"
1220	9,5	9,5	156	ja	1/2"
1523	9,5	9,5	156	ja	-
1830	12,77	9,5	156	ja	-
2130	19,05	9,5	156	fallspezifische Montage, auf Anfrage	
2440	19,05	9,5	156		
2740	19,05	9,5	156		
Zweiteilig					
3040	31,7	9,5	156	fallspezifische Montage, auf Anfrage	
3350	31,7	9,5	156		
3660	31,7	9,5	156		
4270	31,7	9,5	156		