



Allgemeines

Die Strömungssonde ist ein Handmessgerät zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit gasförmiger, von Verunreinigungen (staub-)freier Medien im Geschwindigkeitsbereich von ca. 0.7...50 m/s und im Temperaturbereich von -30 bis +120°C. Temperaturen über 80°C sollten jedoch nur kurzzeitig auf die Strömungssonde einwirken, um Deformationen der Kunststoffteile sowie Kondenswasserbildung am Messwerk zu vermeiden.

Das Gerät ist bis ±100 mbar druckdicht, d. h. Messungen können bei max. 100 mbar statischem Über- bzw. Unterdruck des strömenden Gases gegenüber dem äußeren atmosphärischen Druck ausgeführt werden.

Abweichungen zwischen Strömungsrichtung und Längsachse des Staukopfes gehen nicht in das Messergebnis ein, wenn sie kleiner als ±15° sind.

Beschreibung und Wirkungsweise

Die Strömungssonde (640) besteht im Wesentlichen aus:

- einem Gehäuse mit Messwerk,
- einem Handgriff mit eingebauter Beleuchtungseinrichtung,
- einem, dem Prandtl'schen Staurohr nachgebildeten, Hakenrohr.

Alle drei Teile sind durch lösbare Gewinde miteinander verbunden.

Das Hakenrohr wird am Gehäuse durch eine gekordelte Überwurfmutter gehalten. Nach dem Lösen dieser Mutter können Hakenrohr und Ablesefenster den jeweiligen Erfordernissen entsprechend eingestellt werden. Dabei sollte die Sondenspitze in Strömungsrichtung weisen und das Ablesefenster sollte in die zum Ablesen der Skale günstigste Position gebracht werden.

Die im Handgriff zum Einschalten der Beleuchtung vorhandene Drucktaste befindet sich stets unmittelbar unter dem Ablesefenster, so dass sie mit dem Daumen bequem betätigt werden kann.

Durch die in der Sondenspitze befindliche Bohrung, auf die der Gesamtdruck des strömenden Gases einwirkt, wird während der Messung eine dem jeweiligen Staudruck proportionale Teilströmung aufgenommen. Dieser Teilstrom gelangt nach dem Passieren des Innenrohres des doppelwandigen Hakenrohres durch eine Drosseldüse in die Messkammer. Von hier wird er durch die äußere Hakenrohrleitung zurückgeführt und tritt an den seitlichen Öffnungen der Sondenspitze, auf die der statische Druck einwirkt, wieder aus.

In der Messkammer befindet sich die sehr leichte, spitzengelagerte Stauklappe, mit der der Zeiger des Gerätes fest verbunden ist. Das durch eine besonders angeordnete Bohrung in die Messkammer einströmende Gas lenkt die Stauklappe gegen die Kraft einer Spiralfeder aus. Die Auslenkung ist abhängig von der Geschwindigkeit und Dichte der Teilströmung. Sie ist damit auch ein Maß für die Geschwindigkeit der Gesamtströmung bei bestimmter Gasdichte.

Die Skalen der Strömungssonde werden im Windkanal bei 20°C und normalem Luftdruck von ca. 1000 mbar festgelegt. Sie sind also gültig bei einer Dichte des strömenden Mediums von 1.18 kg/m³. Abweichungen von ca. ±5° bzw. ca. ±20 mbar bedingen bei der Geschwindigkeitsmessung von Luft einen meist vernachlässigbar kleinen Messfehler (unter 2 %). Bei größeren Dichteabweichungen ist dagegen das Messergebnis, wie auf Seite 3 beschrieben, zu korrigieren.

In den vom Hakenrohr aufgenommenen Teilstrom können wahlweise vier Düsen mit unterschiedlicher Bohrung eingeschaltet werden. Je nach Düsenöffnung wird die in die Messkammer gelangende Strömung mehr oder weniger gedrosselt. Dementsprechend lässt sich die Empfindlichkeit und damit der Messbereich der Strömungssonde in vier Stufen verändern. Die Drosseldüsen befinden sich in der im Messwerksgehäuse liegenden Verteilerscheibe. Durch Drehen eines der beiden auf dem Gehäuse angeordneten gekordelten Knöpfe kann diese von Raststellung zu Raststellung weiterbewegt werden. Dabei wird gleichzeitig der rohrförmige Skalenträger mit seinen vier Skalen mitbewegt, so dass unter dem Skalenfenster des Messwerkgehäuses stets die der jeweils eingeschalteten Düse entsprechende Skala erscheint. Ablesefehler sind dadurch ausgeschlossen.

Wahl des Messortes

Strömungssonden sind besonders für nicht stationäre Einsätze geeignet. Messungen können u. a. in geschlossenen Kanälen oder auch im Freistrahlaufgeführt werden.

Um Messwertverfälschungen durch die Querschnittsverringering beim Einbau des Hakenrohres zu vermeiden, sollte der lichte Rohrdurchmesser an der Messstelle mindestens 10 x größer sein als der äußere Durchmesser des Hakenrohres.

Voraussetzung für einwandfreie Messergebnisse ist eine gerichtete, drall- und wirbelfreie Strömung an der Messstelle. In geschlossenen Kanälen ist eine solche Strömung vorhanden, wenn eine störungsfreie Beruhigungsstrecke ohne plötzliche Querschnittsveränderungen, Krümmen oder Absperrorgane von $6 \times D$ (D = lichter Durchmesser der Rohrleitung bzw. gleichwertiger Durchmesser bei rechteckigen Kanälen) vor und $4 \times D$ hinter der Messstelle zur Verfügung steht.

Hinter Krümmern ist eine Beruhigungsstrecke von $40 \times D$ erforderlich. Durch zweckentsprechend angeordnete Umlenkleche kann diese ca. $6 \times D$ verringert werden. Ist die Strömung verdreht oder verwirbelt, muss vor der Strömungssonde in der Entfernung von ca. $1 \times D$ ein Gleichrichter vorgesehen werden. Er lässt sich leicht aus einer Anzahl dünnwandiger Rohre zusammensetzen. Die Rohre sollten einen Durchmesser von ca. $1/10 D$ und eine Länge von ca. $3/10 D$ aufweisen. Sie sind, den ganzen Strömungsquerschnitt ausfüllend, axial in die Rohrleitung einzubauen.

Messungen vor Ansaug- und hinter Zuluftöffnungen sind oft mit gewissen Schwierigkeiten verbunden, da die Geschwindigkeit außerhalb des Kanals mit der Entfernung vom Durchlass sehr schnell abnimmt. Der Strahlquerschnitt vergrößert sich unter gleichzeitiger Änderung der Strömungsrichtung. Soweit es die örtlichen Verhältnisse zulassen, sollte deshalb an solche Öffnungen ein Kanalstück mit gleichem Querschnitt angesetzt und die Geschwindigkeit bzw. Menge in diesem Ansatz gemessen werden. Die Länge des Kanalstückes ist unter Berücksichtigung der oben genannten Beruhigungsstrecken festzulegen. Eine Verringerung des Querschnittes zum Zwecke der Verkürzung des Ansatzstückes ist unzumutbar, da dadurch verfälschende Druckverluste hervorgerufen werden.

Richtige Messergebnisse lassen sich im Freistrahlauf ohne Kanalverlängerung an großen Luftdurchlässen bei geringer Geschwindigkeit erzielen. An vergitterten oder teilweise abgedeckten Luftdurchlässen, mit im Verhältnis zum Gesamtquerschnitt geringem freien Querschnitt, müssen Messungen an den einzelnen Öffnungen ausgeführt werden. Dabei muss der Querschnitt des Sondenkopfes gegenüber dem Strömungsquerschnitt klein sein.

Messen

Die Strömungssonde wird so gehalten, dass die Spitze des Hakenrohres unmittelbar von der Strömung getroffen wird. Gegebenenfalls ist die Strömungsrichtung durch einen Wollfaden, Rauch oder ähnliches zu ermitteln. Durch Drehen des Messwerksgehäuses gegenüber dem Hakenrohr (nach dem Lösen der Überwurfmutter) kann die Skale in die jeweils günstigste Ablesestellung gebracht werden. Es ist zweckmäßig, vor der Messung den unempfindlichsten Messbereich einzustellen. Bleibt der Zeigerausschlag bei der Messung unterhalb des nächstniedrigen Messbereichsendwertes, so ist auf diesen Bereich umzuschalten usw. Um die Genauigkeit der Sonde voll auszunutzen zu können, ist erst dann der Messwert abzulesen, wenn der empfindlichste Messbereich gefunden worden ist.



Bei der Geschwindigkeitsmessung feuchtwarmer Luft oder heißer Gase ist darauf zu achten, dass keinesfalls Kondenswasserbildung infolge Taupunktunterschreitung im Messwerk auftritt. Anderenfalls muss mit einer fehlerhaften Anzeige, aber auch mit Korrosion gerechnet werden. Derartige Messungen sind daher möglichst rasch und mit vorgewärmtem Gerät durchzuführen.

Mittelwertbildung

Die Strömungsgeschwindigkeit ist im allgemeinen nicht an allen Punkten eines Kanalquerschnittes oder eines Luftdurchlasses gleich. Zur Erzielung exakter Messergebnisse in großen Querschnitten ist es deshalb erforderlich, eine Reihe von Einzelmessungen auszuführen, deren Mittel dann die tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit ist. Diese Messungen können nach unterschiedlichen Verfahren ausgeführt werden.

a) Netzmessung

Man teilt den Querschnitt in eine möglichst große Zahl flächengleicher Felder ein, in deren Schwerpunkt je eine Messung ausgeführt wird. Der Mittelwert aller Messungen ist die Durchschnittsgeschwindigkeit. Sie ist für die Bestimmung der Durchflussmenge maßgebend. Die Durchflussmenge kann auch gefunden werden, indem die einzelnen gemessenen Geschwindigkeitswerte mit den zugehörigen Querschnitten multipliziert werden. Das trifft besonders für teilweise abgedeckte Durchlässe zu. Die Summe aller Einzelmessungen ist dann die Durchflussmenge.

b) Schwerelinienmessung

Bei runden Querschnitten sind zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit Messungen in zwei senkrecht zueinander stehenden Durchmessern auszuführen. Die Ergebnisse werden in Abhängigkeit vom Durchmesser graphisch aufgetragen und danach die Geschwindigkeitsprofile gezeichnet. Der Durchmesser ist so aufzuteilen, dass 5 oder 10 flächengleiche Kreisringe entstehen. Die den Schwerpunktkreisen dieser Ringe (einschließlich dem Schwerpunktkreis der mittleren Kreisfläche) entsprechenden Geschwindigkeiten werden der graphischen Darstellung entnommen. Ihr arithmetischer Mittelwert ist die mittlere Geschwindigkeit. Das Produkt aus mittlerer Geschwindigkeit und lichtem Rohrquerschnitt ist die Durchflussmenge. Die graphische Darstellung kann entfallen, wenn die Messungen in den Schwerpunktkreisen ausgeführt werden.

Die Schwerpunktradien bei Aufteilung eines kreisförmigen Querschnittes mit dem Radius $r=1$ in $n=5$ Ringe (10 Messpunkte auf dem Durchmesser) bzw. $n=10$ Ringe (20 Messpunkte auf dem Durchmesser) gibt die nachstehende Tabelle an. Durch Multiplikation mit dem tatsächlich vorhandenen Radius des Rohres ergeben sich unmittelbar die Radien der Schwerpunktkreise, die bei der Messung berücksichtigt werden müssen.

Schwerpunktradien

n	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	r ₁₀
5	0.95	0.84	0.71	0.55	0.32					
10	0.97	0.92	0.87	0.81	0.75	0.67	0.59	0.50	0.39	0.22

n = Anzahl der flächengleichen Kreisringe

Auch bei Messungen in Kanälen mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt reicht es im allgemeinen aus, die Geschwindigkeitsprofile der beiden senkrecht zueinander stehenden Symmetrieachsen aufzunehmen und deren arithmetisches Mittel als Maß für die mittlere Geschwindigkeit zu bestimmen.

c) Schleifenmessung

Bei sehr weiten Kanälen, Stollen bzw. Schächten führt die Schleifenmessung zu völlig befriedigenden Messergebnissen.

Das Messinstrument ist dazu während der Messzeit in Schlangenlinien oder weiten Achterschleifen über den Messquerschnitt zu bewegen.

Ist die mittlere Geschwindigkeit bestimmt worden, lässt sich die Durchflussmenge als Produkt aus lichtigem Rohrquerschnitt und mittlerer Geschwindigkeit errechnen. Die Tabelle 3 (auf Anfrage erhältlich) erleichtert diese Auswertung.

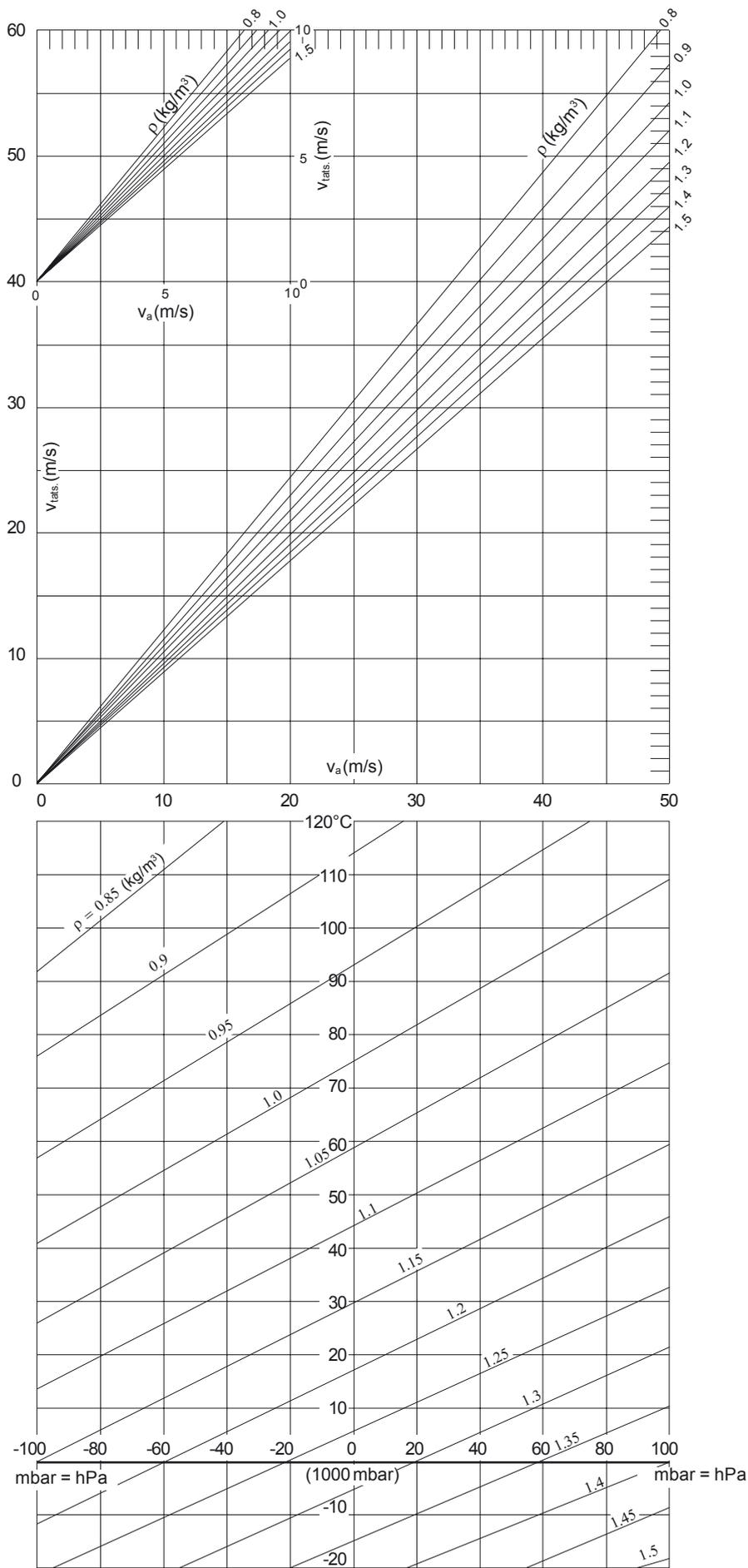
Korrektur der Messwerte bezogen auf die Gasdichte

Da die Geschwindigkeitsmessung mit der Strömungssonde auf dem Prinzip der Staudruckmessung beruht, sind die Messwerte abhängig von der jeweiligen Gasdichte.

Die Skalenfestlegung erfolgt bei einer Dichte von 1.18 kg/m^3 (trockene Luft von 20°C und 1000 mbar). Bei abweichender Dichte, aber auch bei höheren Anforderungen an die Genauigkeit sind die abgelesenen Werte anhand der nebenstehenden Diagramme zu korrigieren.

Das obere Diagramm gibt die tatsächliche Geschwindigkeit v_{tats} in Abhängigkeit von der abgelesenen Geschwindigkeit v_a und der Dichte ρ zwischen $0.8 \dots 1.5 \text{ kg/m}^3$ an.

Aus dem unteren Diagramm kann die Dichte ρ trockener Luft aus Temperaturen zwischen $-20 \dots +120^\circ\text{C}$ und einem Druck von 1000 mbar $\pm 100 \text{ mbar}$ ermittelt werden.



Wartung

Ergeben sich Schwierigkeiten bei der Messung in den beiden größeren Messbereichen, so kann dies auf die Verstopfung einer leicht zugänglichen Düse zurückzuführen sein.

Um an diese Düse zu gelangen, ist zunächst die das Hakenrohr am Gehäuse haltende Überwurfmutter vollständig abzuschrauben und das Hakenrohr abzuziehen. Im Messwerksgehäuse wird dadurch die sogenannte Staubfangkammer freigelegt, auf deren Boden sich eine Schlitzschraube aus Messing befindet. Diese Schraube trägt an ihrer Unterseite eine Düse, die die stärkste Verengung im Strömungsweg bildet.

Nach Säuberung der Bohrung mit Benzin oder ähnlichem dürfte im allgemeinen die Störung behoben sein.

Im übrigen empfiehlt es sich, Reparaturen nur im Herstellerwerk ausführen zu lassen, da anschließend eine Nachprüfung des Gerätes im Windkanal und oft eine Skalenneuzeichnung erforderlich ist.

Zum Einsetzen einer neuen Batterie für die Skalenbeleuchtung ist lediglich der Boden des Handgriffes abzuschrauben. Anschließend kann der Batteriewechsel ausgeführt werden.

Kommt das Gerät längere Zeit nicht zum Einsatz, sollten die Batterien entnommen und sachgemäß gelagert werden.

Die Beleuchtungslampe ist gegebenenfalls nach Abschrauben des Handgriffes auszuwechseln.

Technische Daten

Strömungssonde (640 E410)
Ident-Nr. 00.06400.041 000

Messelement: Stauklappenmesswerk • Luftströmung
 Messbereiche: 4 Skalen • Gesamtbereich 0.7...50 m/s

Messbereiche [m/s]	Skalenteilungen [m/s]
0.7...7.0	0.2
1.0...10.0	0.5
1.0...18.0	1.0
2.0...50.0	2.0

Genauigkeiten: ± 2% vom Skalenendwert
 Einsatzbereiche: Temperaturen -30... +120°C kurzzeitig •
 -30...+80°C Langzeitbetrieb •
 Über-/ Unterdruck max. ± 100 mbar

Abmessungen E= 400 mm · L= 625 mm · Ø 10 mm
 Gewicht Ca. 1 kg

Zubehör - im Lieferumfang enthalten:

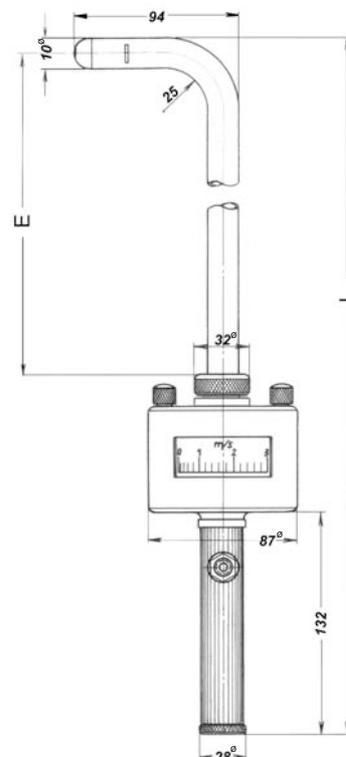
Ident-Nr. 50.06400.006 010
Kunststoffkoffer
 950 x 230 x 110 mm · schwarz

Variante

Strömungssonde (640 E710)
Ident-Nr. 00.06400.071 000

Wie (640 E410) jedoch:

Abmessungen E= 700 mm · L= 925 mm · Ø 10 mm
 Gewicht: Ca. 1.1 kg



Quality System certified by DQS according to
 DIN EN ISO 9001:2000 Reg. No. 003748 QM

Technische Änderungen vorbehalten.

640_b-de.pmd

51.05

MessCom GmbH
Augustinusstraße 11c
50226 Frechen
Germany

Tel +49-(0)2234-96 41-0
 Fax +49-(0)2234-96 41-10
 E-Mail info@messcom.de
 Internet www.messcom.de