

BEDIENUNGSANLEITUNG

SNZ und CFO - Kritische Düsen





*** VERSION 1.0 ***
Stand: 16.05.2007


ALLGEMEINE HINWEISE

Typographische Vereinbarungen

Darstellungsmittel

→
 **ACHTUNG!** markiert einen Arbeitsschritt, den Sie ausführen müssen.
kennzeichnet Hinweise, bei deren Nichtbeachtung Ihre Gesundheit oder die Funktionsfähigkeit des Gerätes gefährdet ist.

 **HINWEIS** kennzeichnet wichtige Zusatzinformationen, Tipps und Empfehlungen.

 **ACHTUNG!** kennzeichnet Hinweise auf Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung elektrostatisch entladungsgefährdeter Bauelemente oder Baugruppen.

Darstellungsarten


Menüpunkte

Texte aus Bildschirmdarstellungen werden kursiv dargestellt
(z.B.: Programm beenden).

Voreingestellte Parameter

Parameter, die bei Auslieferung des Gerätes bereits eingestellt sind, werden unterstrichen.
(z.B.: 0 ... 9999)

SICHERHEITSHINWEISE

 Bitte beachten Sie die Hinweise dieser Bedienungsanleitung sowie die Einsatzbedingungen und zulässigen Daten, die in den Datenblättern des Gerätes spezifiziert sind, damit es einwandfrei funktioniert und lange einsatzfähig bleibt:

Halten Sie sich bei der Einsatzplanung und dem Betrieb des Gerätes an die allgemeinen Regeln der Technik!

Installation und Wartungsarbeiten dürfen nur durch Fachpersonal und mit geeignetem Werkzeug erfolgen!

Beachten Sie die geltenden Unfallverhütungs- und Sicherheitsbestimmungen für elektrische Geräte während des Betriebes und der Wartung des Gerätes!

Schalten Sie vor Eingriffen in das System in jedem Fall die Spannung ab!

Treffen Sie geeignete Maßnahmen, um unbeabsichtigtes Betätigen oder unzulässige Beeinträchtigung auszuschließen!

Gewährleisten Sie nach einer Unterbrechung der elektrischen Versorgung einen definierten und kontrollierten Wiederanlauf des Prozesses!

INHALTSVERZEICHNIS

ALLGEMEINE HINWEISE.....	2
SICHERHEITSHINWEISE	2
INHALTSVERZEICHNIS	3
GELTUNGSBEREICH.....	4
GERÄTEBESCHREIBUNG	4
VERFAHRENSPLAN KRITISCHE DÜSE	5
AUSWERTEVERFAHREN	6
VERGLEICHSSCHEMA BEI KALIBRIERAUFGABEN	7
ALLGEMEINE SPEZIFIKATIONEN	8
WARTUNG	8

GELTUNGSBEREICH

Die Bedienungsanweisung soll für den Zusammenbau, die Wartung und die Instandhaltung der kritischen Düse der Serien **SNZ und CFO** beachtet werden.

GERÄTEBESCHREIBUNG

Einführung

Mit den kritischen Düsen der SNZ-Serie (Sonic Nozzles) für atmosphärischen Betrieb und der CFO-Serie (Critical Flow Orifice) für Überdruckbetrieb können Durchflüsse von Luft oder Gasen mit sehr hoher Stabilität eingestellt werden. Sie eignen sich deshalb hervorragend zur Kalibrierung von Durchfluss-Messgeräten für Volumenstrom oder Massenstrom, wie z. B. Gaszählern, LFE, Massendurchflussmessern und allen anderen Arten von Durchflussmessern.

Vorgaben für Geometrie und sonstige Randbedingungen zur Herstellung und Auswertung macht die Norm DIN ISO EN 9300. Die standardmäßig mit einem Halsdurchmesser von 0,1 bis zu 100 mm in Venturiform verfügbaren Düsen der SNZ-Serie entsprechen dieser Norm.

Die Düsen der CFO-Serie entsprechen bei Halsdurchmessern größer 0,1 mm ebenso der Norm DIN ISO EN 9300, werden aber auch mit kleineren Halsdurchmessern hergestellt und haben dann keine Venturiform mehr, sondern eine zylindrische Durchbohrung, die bis zu 0,01 mm klein sein kann.

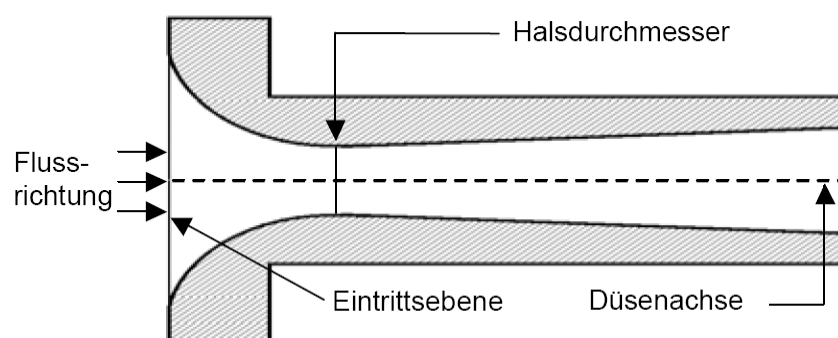
Funktion

Die Einstellung eines festen Volumenstroms resultiert aus einem physikalischen Effekt, der bei kritischer Durchströmung einer Verengung bzw. Düse auftreten kann:

Wenn der absolute Eingangsdruck vor der Düse mindestens doppelt so groß ist wie der Ausgangsdruck, wird das Gas so stark beschleunigt, dass es an der engsten Stelle Schallgeschwindigkeit erreicht. Diese kann dort nicht überschritten werden.

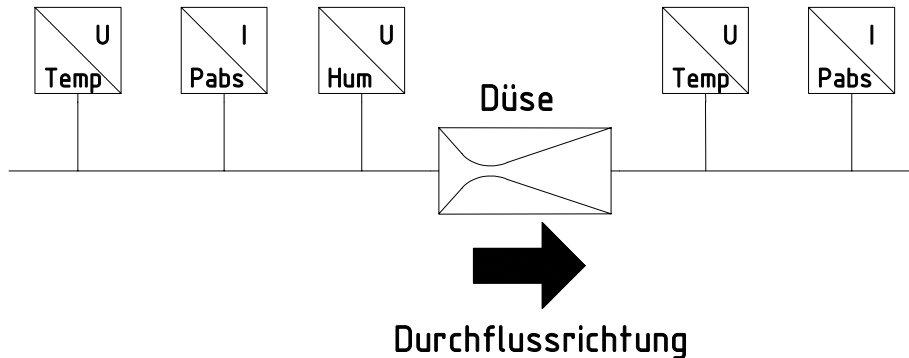
Der Eingangs-Volumenstrom erhöht sich damit nicht mehr weiter, auch wenn der Druck erhöht wird. Der Massen- bzw. Normvolumenstrom bleibt aber veränderlich, da in diese Größen die Gasdichte eingeht, die von Druck und Temperatur abhängig ist.

Der Saugbetrieb ist die bevorzugte Betriebsart für die Düsen der SNZ-Serie, da die atmosphärische Dichte am Eingang sehr konstant ist und Störungen auf der Ausgangsseite nicht durch die Engstelle gelangen. Die Düsen der CFO-Serie sind üblicherweise für Druckbetrieb und den Betrieb mit Reingasen von 1 – 6 bar Überdruck ausgelegt.



Für den Einsatz als Kalibriernormal können die kritischen Düsen entsprechend den Vorgaben der PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt) mit DKD- (Deutscher Kalibrierdienst) oder Werkskalibrierzeugnis zertifiziert werden.

VERFAHRENSPLAN KRITISCHE DÜSE



Eingangsseitig werden die Werte Temperatur, Absolutdruck und Feuchtigkeit gemessen und der Durchfluss anhand der spezifischen Werte der Düse und der physikalischen Gesetze bestimmt.

Großraumbedingung

Damit eine überkritische betriebene Düse korrekt funktionieren kann sind geometrische Randbedingungen einzuhalten. Optimale freie und ungestörte Anströmung liegt bei "Großraumeigenschaften" im Eingangsbereich der Düse vor: keine Wand darf der Düsenachse und der Eintrittsebene näher als das 5-fache des Halsdurchmessers kommen. Ein überkritischer Betrieb ist aber auch noch für Einlaufdurchmesser mit Nennweiten von mindestens dem 4-fachen Halsdurchmesser möglich.

Druckabfall

Für den überkritischen Betrieb ist das Druckverhältnis von Eingangsdruck zu Ausgangsdruck entscheidend (als Absolutdrücke verstanden). Während der Drucksensor am Eingang zur Berechnung der Schallgeschwindigkeit und Dichte des einströmenden Mediums unbedingt erforderlich ist, bietet ein zusätzlicher Drucksensor am Ausgang die Möglichkeit, den überkritischen Zustand zu überwachen.

Temperatur/ Temperaturgefälle

Die Schallgeschwindigkeit des Mediums hängt stark von der Temperatur ab. Zusätzlich zu Thermalisierungseffekten sind an der Düse Temperaturänderungen durch die Entspannung des Mediums möglich (Joule-Thompson-Effekt). Mit einem zweiten Temperatursensor am Ausgang der Düse kann diese Temperaturänderung überwacht werden.

AUSWERTEVERFAHREN

Es sind verschiedene Auswerteverfahren verbreitet. Wir stellen Ihnen hier die zwei gängigsten vor.

Auswertung SNZ-Düsen

Die folgende Auswertung ist vor allem für atmosphärischen Betrieb bzw. einen festen Druck üblich und basiert auf der Kenntnis der Kenngrößen $Q_{V,20,tr,1000}$ und C_{PE} .

Die Berechnung des **aktuellen Volumenstromes** $Q_{V,P}$ in Abhängigkeit von aktueller Einlaufftemperatur, -Feuchte und Eingangsdruck durch die Düse erfolgt anhand folgender Formel:

$$\frac{Q_{V,P}}{m^3/h} = (1 + 0,169 * x_v) \sqrt{\left(\frac{T_D}{C^\circ} + 273,15\right)} * \left[1 + \frac{C_{PE}}{1/mbar} * \left(\frac{P_D}{mbar} - 1000\right)\right] * \frac{Q_{V,20,tr,1000}}{m^3/h}$$

Die Bedeutung der Kenngrößen ist:

$Q_{V,20,tr,1000}$	Volumenstrom am Eingang der kritischen Düse im Saugbetrieb bei 20°C, 0% Luftfeuchte und einem Eingangsdruck von 1000 mbar
C_{PE}	Korrekturfaktor für Eingangsdruckabhängigkeit
P_D	Absoluter Düseneingangsdruck
T_D	Düseneingangstemperatur
x_v	Molarer Anteil des Wasserdampfes in feuchter Luft

Die Koeffizienten $Q_{V,20,tr,1000}$ und C_{PE} finden Sie im Kalibrierschein.

Auswertung CFO-Düsen

Die folgende Auswertung ist vor allem für Druckbetrieb bzw. für variablen Druck üblich und basiert auf der Kenntnis eines K-Faktors.

Die Berechnung des **Normvolumenstromes** $Q_{N,CFO}$ in Abhängigkeit von aktueller Einlaufftemperatur und Eingangsdruck durch die Düse erfolgt anhand folgender Formel:

$$Q_{N,CFO} = \frac{K(P_{CFO})}{\sqrt{T_{CFO}}}$$

Die Bedeutung der Kenngrößen ist:

$Q_{N,CFO}$	Normvolumenstrom in l/min
P_{CFO}	Eingangsdruck abs. an der Düse in mbar
T_{CFO}	Einlaufftemperatur an der Düse in °K

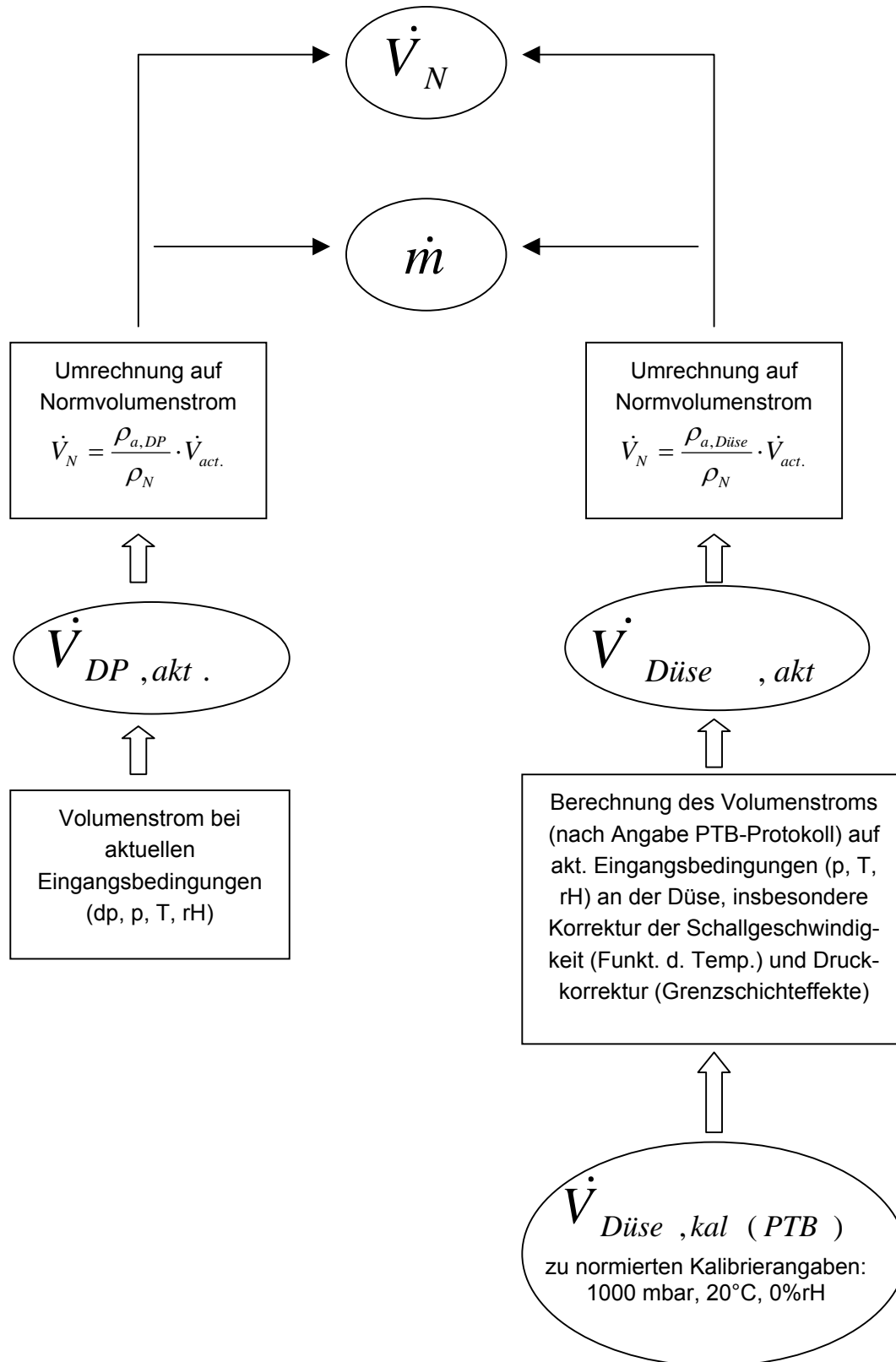
Der K-Faktor ist ein Durchflusskoeffizient in Abhängigkeit vom Eingangsdruck, der mit Hilfe einer Polynomauswertung aus den Kalibrierergebnissen nach folgendem Ansatz berechnet wird.

$$K(P_{CFO}) = A + B * p + C * p^2$$

Die Koeffizienten A, B, und C finden Sie im Kalibrierschein, falls dieser auf die Polynom-Auswertung ausgerichtet ist.

VERGLEICHSSCHEMA BEI KALIBRIERAUFGABEN

Wirkdruck-Durchflußmeßstrecke mit überkritischen Düsen
 (Ermittlung Normvolumenstrom, Grundlage: Massenerhaltung)



ALLGEMEINE SPEZIFIKATIONEN

Genauigkeit

Kalibriergenauigkeit:	±0,25 % v.M.	für Q < 10 Nm ³ /h
(bestmöglich)	±0,12 % v.M.	für Q ≥ 10 Nm ³ /h
Rekalibrierfristen:	5 Jahre	für Q < 2 Nm ³ /h
(bestmöglich)	10 Jahre	für Q ≥ 2 Nm ³ /h

Einflüsse auf die Kalibrierung

Ausschlaggebend für die Abweichungen zur Kalibrierung sind Faktoren wie Thermalisierung, Verschmutzung und Kratzer, die z. B. bei unsachgemäßer Reinigung entstehen können.

Druckbereiche CFO

2 bis 7 bar absolut.

Bevorzugte Betriebsart: Druckbetrieb

Druckbereiche SNZ

1100 bis 900 mbar absolut im Saugbetrieb

Temperaturbedingungen

Betrieb: 0...+50 °C

Medienkompatibilität

Luft und Gase, die mit Edelstahl verträglich sind.

Material

Die Düsenköper werden standardmäßig aus Edelstahl gefertigt, andere Werkstoffe auf Anfrage.

Die durch den Hersteller TetraTec Instruments GmbH ausgelieferte Düse entspricht den derzeit gültigen Vorschriften. Die Düse entspricht den Regeln der Druckgeräterichtlinie.

BEI INSTANDSETZUNG, WARTUNG UND UMRÜSTUNG WIRD DIE FUNKTION NUR BEI VERWENDUNG VON ORIGINALERSATZTEILEN UND DER MONTAGEANLEITUNG VON TETRATEC INSTRUMENTS GMBH GEWÄHRLEISTET.

WARTUNG

Bei Verschmutzung der Düse muss diese gereinigt werden. Dabei ist darauf zu achten, bei der Wahl des Reinigungsmittels keine Scheuermittel oder gar ätzende Medien zu verwenden, da diese die Oberfläche der Düse beschädigen können (Querschnittsänderung).

Außerdem empfehlen wir eine regelmäßige Dichtheitsprüfung des Messaufbaus, jährliche Sichtprüfung auf Beschädigungen der Düse, die jährliche Überprüfung der verwendeten Auswertesensorik und die Rekalibrierung der Düse innerhalb der empfohlenen Fristen.