DIN EN ISO 5167-3

DIN

ICS 17.120.10

Entwurf

Einsprüche bis 2020-01-01
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 5167-3:2004-01

Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt – Teil 3: Düsen und Venturidüsen (ISO/DIS 5167-3:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 5167-3:2019

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full –
Part 3: Nozzles and Venturi nozzles (ISO/DIS 5167-3:2019);
German and English version prEN ISO 5167-3:2019

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire –
Partie 3: Tuyères et Venturi-tuyères (ISO/DIS 5167-3:2019);
Version allemande et anglaise prEN ISO 5167-3:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-11-01 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an natg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 97 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5167-3:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/SS F05 „Messinstrumente“ erarbeitet, dessen Sekretariat von CCMC gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 152-04-02 AA „Durchfluss und Menge“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 4288:1996 siehe DIN EN ISO 4288:1998-04

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5167-3:2004-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 4288:1998-04, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4288:1996); Deutsche Fassung EN ISO 4288:1997*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

– Entwurf –

CEN/TC F05

Datum: 2019-10

prEN ISO 5167-3:2019

CEN/TC F05

Sekretariat: CCMC

Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 3: Düsen und Venturidüsen (ISO/DIS 5167-3:2019)

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 3 : Tuyères et Venturi-tuyères (ISO/DIS 5167-3:2019)

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 3: Nozzles and Venturi nozzles (ISO/DIS 5167-3:2019)

ICS:

Deskriptoren:

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort **4**

Vorwort **5**

Einleitung **6**

1 Anwendungsbereich **7**

2 Normative Verweisungen **7**

3 Begriffe **7**

4 Messprinzip und Berechnungsverfahren **8**

5 Düsen und Venturidüsen **8**
5.1 ISA-1932-Düse **8**
5.1.1 Allgemeine Beschreibung der Form **8**
5.1.2 Profil der Düse **9**
5.1.3 Rückseite **11**
5.1.4 Werkstoff und Herstellung **11**
5.1.5 Druckentnahmen **11**
5.1.6 Koeffizienten der ISA-1932-Düse **13**
5.1.7 Unsicherheiten **14**
5.1.8 Druckverlust $\Delta\varpi$ **14**
5.2 Langradius-Düsen **15**
5.2.1 Allgemeines **15**
5.2.2 Profil der Düse mit großem Durchmesserverhältnis **15**
5.2.3 Profil der Düse mit kleinem Durchmesserverhältnis **17**
5.2.4 Werkstoff und Herstellung **17**
5.2.5 Druckentnahmen **17**
5.2.6 Koeffizienten für Langradius-Düsen **18**
5.2.7 Unsicherheiten **19**
5.2.8 Druckverlust $\Delta\varpi$ **19**
5.3 Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil **19**
5.3.1 Allgemeines **19**
5.3.2 Profil der Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil **19**
5.3.3 Werkstoff und Herstellung **20**
5.3.4 Druckentnahmen **21**
5.3.5 Koeffizienten **21**
5.3.6 Unsicherheiten **22**
5.3.7 Kalibrierung und Extrapolation **22**
5.3.8 Druckverlust **23**
5.4 Venturidüse **23**
5.4.1 Allgemeine Beschreibung der Form **23**
5.4.2 Werkstoff und Herstellung **25**
5.4.3 Druckentnahmen **25**
5.4.4 Koeffizienten **26**
5.4.5 Unsicherheiten **27**
5.4.6 Druckverlust **27**

6 Anforderungen an den Einbau **28**
6.1 Allgemeines **28**
6.2 Mindestlängen störungsfreier gerader Rohrstrecken im Ein- und Auslauf zwischen verschiedenen Einbaustörungen und der Düse **28**

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

6.3 Strömungsumformer und Strömungsgleichrichter 34
6.4 Rundheit und Zylinderform des Rohres 34
6.5 Anordnung von Düse und Fassungsringen 37
6.6 Halterungen und Dichtungen 37

7 Durchflusskalibrierung von Düsen 37
7.1 Allgemeines 37
7.2 Prüfeinrichtung 38
7.3 Einbau des Durchflussmessers 38
7.4 Gestaltung des Prüfprogramms 38
7.5 Angabe der Kalibrierergebnisse im Bericht 38
7.6 Unsicherheitsanalyse der Kalibrierung 39
7.6.1 Allgemeines 39
7.6.2 Unsicherheit der Prüfeinrichtung 39
7.6.3 Unsicherheit der Düse 39

Anhang A (informativ) Tabellen für Durchflusskoeffizienten und Expansionszahlen 40

Anhang B (informativ) Strömungsgleichrichter vom Akashi-Typ (Mitsubishi-Typ) 48

Literaturhinweise 49

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5167-3:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/SS F05 „Messinstrumente“ erarbeitet, dessen Sekretariat von CCMC gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 5167-3:2004 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 5167-3:2019 wurde von CEN als prEN ISO 5167-3:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30, *Measurement of fluid flows in closed conduits,* Unterkomitee SC 2, *Pressure differential devices* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 5167-3:2003), die technisch überarbeitet wurde.

ISO 5167 besteht aus den folgenden Teilen.

— *Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*

— *Teil 2: Blenden*

— *Teil 3: Düsen und Venturidüsen*

— *Teil 4: Venturirohre*

— *Teil 5: Konus-Durchflussmesser*

— *Teil 6: Keil-Durchflussmesser*

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Einleitung

ISO 5167 enthält in sechs Teilen die geometrischen Formen und Maße von Blenden, Düsen, Venturirohren, Konus-Durchflussmessern und Keil-Durchflussmessern und behandelt deren Anwendung (Einbau- und Betriebsbedingungen) in voll durchströmten Rohrleitungen zur Bestimmung des Durchflusses. Weiterhin werden die notwendigen Informationen über die Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung des Durchflusses und für dessen zugehörige Messunsicherheit gegeben.

ISO 5167 (alle Teile) ist nur für Drosselgeräte anwendbar, in denen die Strömung in allen Messquerschnitten im Unterschallbereich liegt. Das Fluid muss als einphasig betrachtet werden können. ISO 5167 ist nicht für Messungen bei pulsierenden Strömungen anwendbar. Ferner kann jedes dieser Drosselgeräte nur in festgelegten Grenzen für den Rohrdurchmesser und die Reynolds-Zahl benutzt werden.

In ISO 5167 (alle Teile) werden nur Bauarten von Drosselgeräten behandelt, für die Kalibrierungen in genügender Anzahl und Genauigkeit durchgeführt wurden, sodass die funktionalen Zusammenhänge zwischen deren Ergebnissen und Eingangsdaten auf ähnliche Anordnungen innerhalb bestimmter Grenzen der Messunsicherheit verallgemeinert werden können.

In Rohrleitungen eingebaute Blenden, Düsen und Venturirohre werden „Primärgeräte“ genannt. Die Benennung Primärgerät schließt die Druckentnahmen ein. Alle weiteren Messgeräte, die für die Bestimmung des Durchflusses erforderlich sind, werden als „Sekundärgeräte“ bezeichnet. ISO 5167 (alle Teile) gilt nur für Primärgeräte. Sekundärgeräte[1] werden nur bei Bedarf erwähnt.

ISO 5167 besteht aus den folgenden sechs Teilen.

a) ISO 5167-1 enthält allgemeine Angaben wie Begriffe, Symbole, Messprinzipien, Anforderungen und Unsicherheitsangaben, die für alle in Teil 2, Teil 3, Teil 4, Teil 5 und Teil 6 von ISO 5167 enthaltenen Geräte zutreffen.

b) ISO 5167-2 legt Blenden, die mit Eck-Druckentnahmen, D- und $D/2$-Druckentnahmen[2] und mit Flansch-Druckentnahmen angewendet werden können, fest.

c) ISO 5167-3 legt ISA-1932-Düsen[3], Langradius-Düsen, Düsen mit Entnahmebohrung am Halsteil und Venturidüsen, die sich sowohl in der Form als auch hinsichtlich der Lage der Druckentnahmen voneinander unterscheiden, fest.

d) ISO 5167-4 legt klassische Venturirohre[4] fest.

e) ISO 5167-5 legt Konus-Durchflussmesser fest.

f) ISO 5167-6 legt Keil-Durchflussmesser fest.

Aspekte der Sicherheit werden in ISO 5167 Teil 1 bis Teil 6 nicht behandelt. Es ist die Verantwortung des Anwenders sicherzustellen, dass das System den zutreffenden Sicherheitsregeln entspricht.

---

1 Siehe ISO 2186:1973 „*Durchfluss von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Anschlüsse zur Drucksignalübertragung zwischen Primär- und Sekundärelementen*“.

2 Blenden mit Vena-Contracta-Druckentnahmen werden in ISO 5167 nicht behandelt.

3 ISA ist die Abkürzung für „International Federation of the National Standardizing Associations“, dem Vorgänger der ISO vor 1946.

4 In den USA wird das klassische Venturirohr vielfach „Herschel Venturi tube“ genannt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 5167 legt die geometrischen Formen und Maße sowie die Anwendung (Einbau- und Betriebsbedingungen) von Düsen und Venturidüsen, die in einer voll durchströmten Rohrleitung zur Bestimmung des Durchflusses eingebaut sind, fest.

Dieser Teil von ISO 5167 enthält grundlegende Informationen für die Durchflussberechnung und ist gemeinsam mit den in ISO 5167-1 festgelegten Anforderungen anzuwenden.

Dieser Teil von ISO 5167 gilt nur für Düsen und Venturidüsen, in denen die Strömung im gesamten Messquerschnitt im Unterschallbereich liegt und wo das Fluid als einphasig betrachtet werden kann. Weiterhin kann jedes Gerät nur innerhalb festgelegter Grenzen für Rohrdurchmesser, Rohrrauheit, Durchmesserverhältnis und Reynolds-Zahl verwendet werden. Dieser Teil von ISO 5167 gilt nicht für Messungen bei pulsierenden Strömungen, für Rohrdurchmesser kleiner als 50 mm oder größer als 630 mm und für Reynolds-Zahlen unter 10 000.

Dieser Teil von ISO 5167 behandelt

a) drei Arten von Norm-Düsen:

   1) ISA3-1932-Düsen;

   2) die Langradius-Düse[5];

   3) Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil;

b) die Venturidüse.

Die drei Arten von Norm-Düsen sind grundsätzlich verschieden und sind in diesem Teil von ISO 5167 getrennt behandelt. Die Venturidüse hat die gleiche Stirnseite auf der Einlaufseite wie die ISA-1932-Düse, aber einen divergierenden Abschnitt und deswegen eine andere Anordnung der Druckentnahmen auf der Auslaufseite und wird deshalb getrennt beschrieben. Diese Ausführung hat einen geringeren Druckverlust als eine gleichartige Düse. Für alle Düsen und für die Venturidüse wurden direkte Kalibrierungen, ausreichend in Anzahl, Spreizung und Qualität, durchgeführt, sodass deren Ergebnisse und Koeffizienten auf ähnliche Anordnungen innerhalb bestimmter Grenzen der Messunsicherheit übertragbar sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 4006:1991, *Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols*

ISO 5167-1:2003, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 4006 und ISO 5167-1.

5 Die Langradius-Düse weicht von der ISA-1932-Düse durch Form und Lage der Druckentnahmen ab.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

4 Messprinzip und Berechnungsverfahren

Das Messprinzip beruht auf dem Einbau einer Düse oder einer Venturidüse in eine voll durchströmte Rohrleitung. Der Einbau der Düse erzeugt eine Differenz der statischen Drücke zwischen dem Einlauf und dem Drosselquerschnitt. Der Durchfluss kann aus diesem gemessenen Wirkdruck, aus den Stoffwerten des Fluids und aus den geometrischen Daten (jeweils unter Betriebsbedingungen) bestimmt werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass dieser Düse eine unter gleichen Betriebsbedingungen kalibrierte Düse geometrisch ähnlich ist, d. h., dass sie mit diesem Teil von ISO 5167 übereinstimmt.

Der Massendurchfluss kann durch Gleichung (1) bestimmt werden:

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon_1 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1} \tag{1}$$

Die Messunsicherheit des bestimmten Massendurchflusses lässt sich nach dem in ISO 5167-1:2003, Abschnitt 8 beschriebenen Verfahren berechnen.

Entsprechend berechnet sich der Wert des Volumendurchflusses, q_V, aus Gleichung (2):

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \tag{2}$$

Darin ist ρ die Dichte des Fluids bei der Temperatur und dem Druck, auf die das Volumen bezogen wird.

Der Prozess der Berechnung des Massendurchflusses erfolgt durch Ersetzen der verschiedenen Gleichungselemente im rechten Teil der vorstehenden Gleichung (1) durch ihre numerischen Werte. Tabelle A.1 bis Tabelle A.5 dienen der praktischen Handhabung. Tabelle A.1, Tabelle A.2 und Tabelle A.4 enthalten die Werte von C als Funktion von β. Die Tabelle A.3 enthält die Werte von C als Funktion von Re_d. Tabelle A.5 enthält den Expansionsfaktor ε. Sie sind nicht für eine genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

Der Durchflusskoeffizient C kann von Re_D oder Re_d abhängen, wobei Re_D selbst eine Funktion von q_m ist und durch Iteration ermittelt wird (siehe hierzu ISO 5167-1 als Anleitung bezüglich der Auswahl des Iterationsverfahrens und der ersten Annahmen).

Die in Gleichung (1) angegebenen Werte für die Durchmesser d und D entsprechen den Werten der Durchmesser unter Betriebsbedingungen. Messungen, die unter anderen Bedingungen durchgeführt werden, sollten infolge Expansion oder Kontraktion der Düse und der Rohrleitung mit der Temperatur und dem Druck des Fluids korrigiert werden und auf die Bedingungen während der Durchflussmessung umgerechnet werden.

Es wird vorausgesetzt, dass die Dichte und die Viskosität des Fluids bei Betriebsbedingungen bekannt sind. Handelt es sich um ein kompressibles Fluid, ist es erforderlich, auch den Isentropenexponenten unter Betriebsbedingungen zu kennen.

5 Düsen und Venturidüsen

5.1 ISA-1932-Düse

5.1.1 Allgemeine Beschreibung der Form

Der Teil der Düse, der sich innerhalb der Rohrleitung befindet, ist rotationssymmetrisch. Die Düse besteht aus einem sich verengenden Teil mit einem gerundeten Profil und aus einem zylindrischen Halsteil.

Bild 1 zeigt einen Schnitt durch eine ISA-1932-Düse an einer Ebene, die durch die Mittellinie des Halsteiles führt.

Die Buchstaben im folgenden Text beziehen sich auf Bild 1.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.1.2 Profil der Düse

5.1.2.1 Das Profil der Düse kann charakterisiert sein durch:

— die zur Mittellinie senkrecht stehende ebene Stirnfläche A;

— den sich verengenden Teil, bestehend aus den zwei Kreisbögen B und C;

— den zylindrischen Halsteil E;

— den möglichen Schutzrand F (nur erforderlich, wenn eine Beschädigung der Austrittskante G zu befürchten ist).

5.1.2.2 Die Stirnfläche A ist durch die Fläche zwischen koaxialen Kreisen um die Mittellinie mit den Durchmessern $1{,}5d$ und dem Rohrinnendurchmesser D begrenzt.

Für $d = 2D/3$ ist die radiale Breite der Stirnfläche gleich null.

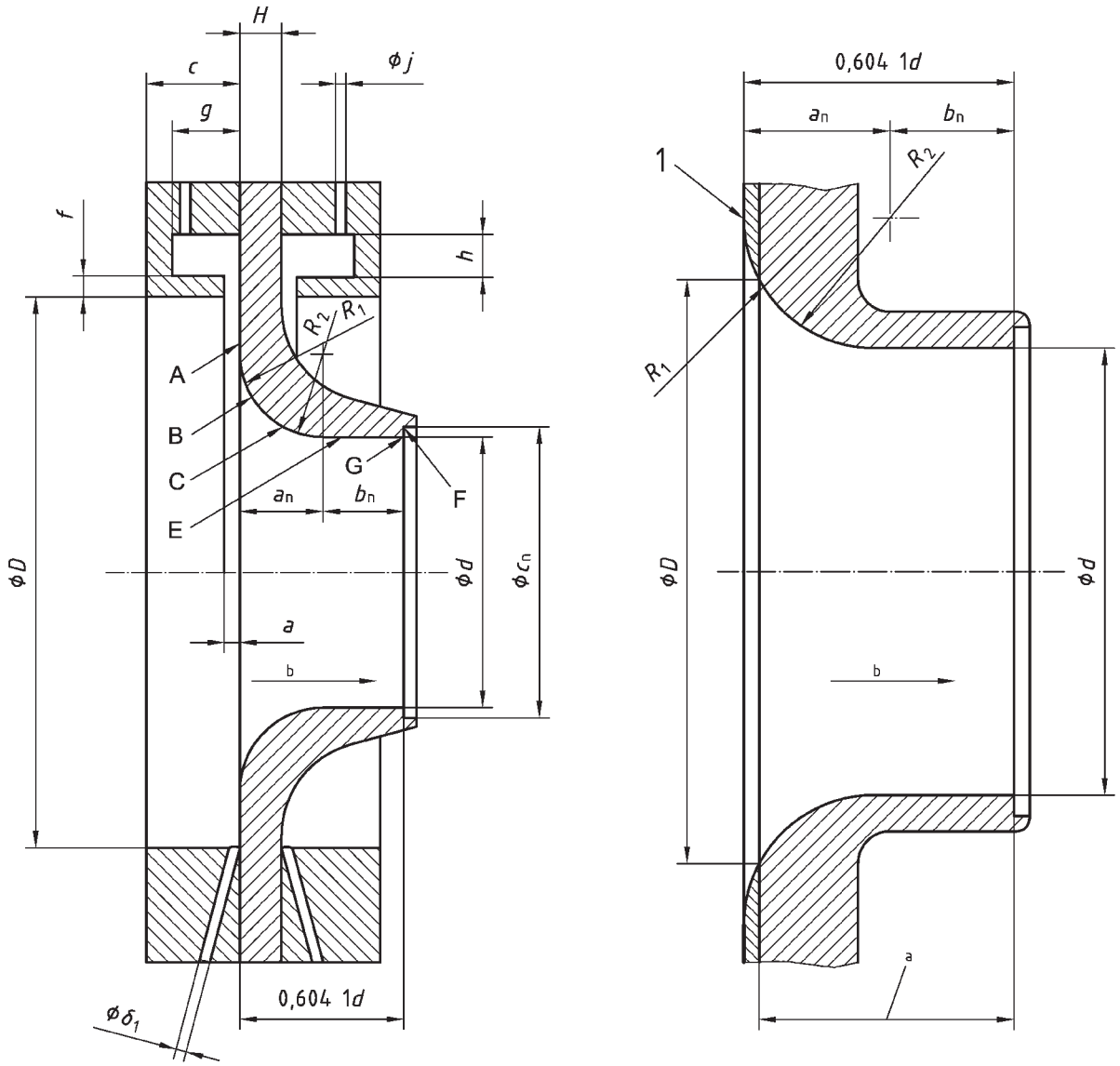
Bei $d > 2D/3$ ist innerhalb der Rohrleitung keine ebene Stirnfläche vorhanden. In diesem Fall wird die Düse so hergestellt, als ob D größer als $1{,}5d$ wäre, und die Stirnfläche wird so abgedreht, dass der größte Durchmesser des Einlaufprofils gleich dem Rohrdurchmesser D ist [siehe 5.1.2.7 und Bild 1 b)].

5.1.2.3 Der Kreisbogen B geht für $d < 2D/3$ tangential in die Stirnfläche A über. Sein Radius R_1 ist gleich $0{,}2d \pm 0{,}02d$ für $\beta < 0{,}5$ und $0{,}2d \pm 0{,}006d$ für $\beta \geq 0{,}5$. Sein Mittelpunkt hat einen Abstand von $0{,}2d$ von der Stirnfläche A und von $0{,}75d$ von der Mittellinie.

5.1.2.4 Der Kreisbogen C geht tangential in den Kreisbogen B und den Halsteil E über. Sein Radius R_2 ist gleich $d/3 \pm 0{,}033d$ für $\beta < 0{,}5$ und $d/3 \pm 0{,}01d$ für $\beta \geq 0{,}5$. Sein Mittelpunkt hat einen Abstand von $d/2 + d/3 = 5d/6$ von der Mittellinie und von der Stirnfläche A einen Abstand

$$a_n = \left(\frac{12 + \sqrt{39}}{60}\right) d = 0{,}304\,1\,d \qquad (3)$$

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12



a) $d \leq (2/3)D$ **b)** $d > (2/3)D$

Legende

1 abzudrehender Teil
a Siehe 5.1.2.7
b Strömungsrichtung

Bild 1 — ISA-1932-Düse

5.1.2.5 Der Halsteil E hat einen Durchmesser d und die Länge $b_n = 0{,}3d$.

Als Durchmesser d des zylindrischen Teiles ist der arithmetische Mittelwert von mindestens vier Durchmessern zu nehmen, die in verschiedenen axialen Ebenen mit annähernd gleichen Winkelabständen zueinander verteilt werden.

Der Halsteil muss zylindrisch sein. Kein Durchmesser darf um mehr als 0,05 % vom mittleren Durchmesser d abweichen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn keiner der gemessenen Durchmesser die oben genannte Grenze in Bezug auf die Grenzabweichung vom Mittelwert überschreitet.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.1.2.6 Der Schutzrand F hat einen Durchmesser c_n von mindestens $1{,}06d$ und eine Länge von $0{,}03d$. Das Verhältnis der Höhe $(c_n - d)/2$ zu seiner axialen Länge darf nicht größer als 1,2 sein.

Die Auslaufkante G muss scharfkantig sein.

5.1.2.7 Die Gesamtlänge der Düse ohne den Schutzrand F als Funktion von β ist gleich

$$0{,}604\ 1d \text{ für } 0{,}3 \leq \beta \leq \frac{2}{3}$$

und

$$\left(0{,}404\ 1 + \sqrt{\frac{0{,}75}{\beta} - \frac{0{,}25}{\beta^2} - 0{,}522\ 5}\right) d \text{ für } \frac{2}{3} < \beta \leq 0{,}8.$$

5.1.2.8 Das sich verengende Profil im Einlauf muss mit einer Schablone geprüft werden.

Zwei Durchmesser des Profils im Einlauf in derselben zur Mittellinie senkrechten Ebene dürfen sich höchstens um 0,1 % ihres Mittelwertes voneinander unterscheiden.

5.1.2.9 Die Oberfläche der Einlaufseite und die des Halsteils müssen so beschaffen sein, dass sie einen arithmetischen Mittenrauhwert von $Ra \leq 10^{-4}d$ aufweisen.

5.1.3 Rückseite

5.1.3.1 Die Dicke H darf den Wert $0{,}1D$ nicht überschreiten

5.1.3.2 Abgesehen von der Bedingung in 5.1.3.1 bestehen für das Profil und die Oberflächenbeschaffenheit der Rückseite keine besonderen Anforderungen (siehe 5.1.1).

5.1.4 Werkstoff und Herstellung

Die ISA-1932-Düse darf aus jedem Material und nach jedem beliebigen Fertigungsverfahren hergestellt werden, sofern sie während der Durchflussmessung mit der vorhergehenden Beschreibung in Übereinstimmung bleibt.

5.1.5 Druckentnahmen

5.1.5.1 Die Eck-Druckentnahmen müssen stromaufwärts der Düse angeordnet sein.

Die Plus-Druckentnahmen dürfen entweder Einzelentnahmen oder ringförmige Schlitze sein. Beide Entnahmeformen dürfen entweder direkt im Rohr oder in Flanschen oder auch in Fassungsringen untergebracht werden, wie dies im Bild 1 dargestellt ist.

Damit die Entnahmebohrungen mit der Rohrwand bündig sind, muss der Zwischenraum zwischen den Mittellinien der einzelnen Plus-Druckentnahmen und der Stirnseite A gleich der Hälfte des Durchmessers oder gleich der Hälfte der Breite der Druckentnahmen selbst sein. Die Mittellinien der einzelnen Plus-Druckentnahmen müssen die Mittellinie der Düse so genau wie möglich unter einem Winkel von 90° treffen.

Nachfolgend sind der Durchmesser δ_1 einer Einzelanbohrung oder die Schlitzweite a angegeben. Der untere Grenzwert für den Durchmesser ist praktisch nur durch die Gefahr einer Verstopfung oder durch unzureichende Dynamik der Übertragung bestimmt.

Saubere Fluide und Dämpfe:

— für $\beta \leq 0{,}65$: $0{,}005D \leq a$ oder $\delta_1 \leq 0{,}03D$;

— für $\beta > 0{,}65$: $0{,}01D \leq a$ oder $\delta_1 \leq 0{,}02D$.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Für jeden Wert von β:

— für saubere Fluide: 1 mm $\leq a$ oder $\delta_1 \leq 10$ mm;

— für Dämpfe, im Falle von Ringkammern: 1 mm $\leq a \leq 10$ mm;

— für Dämpfe und verflüssigte Gase bei Einzelanbohrungen: 4 mm $\leq \delta_1 \leq 10$ mm.

Üblicherweise ist der Ringspalt über den ganzen Umfang, also ohne Unterbrechung, mit dem Rohrinneren verbunden. Andernfalls muss jede Ringkammer über mindestens vier Öffnungen mit dem Rohrinneren verbunden sein, deren Achsen gleiche Winkel zueinander haben und deren Öffnungsfläche mindestens je 12 mm^2 beträgt.

Um sicherzustellen, dass die Fassungsringe nicht ins Rohr hineinragen, muss deren Innendurchmesser b gleich oder größer als der Rohrdurchmesser D sein. Er darf jedoch einen Wert von $1{,}04D$ nicht überschreiten. Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

$$\frac{b-D}{D} \times \frac{c}{D} \times 100 \leq \frac{0{,}1}{0{,}1 + 2{,}3\beta^4} \tag{4}$$

Die Länge c des Fassungsringes auf der Einlaufseite (siehe Bild 1) darf nicht größer als $0{,}5D$ sein.

Die Schlitztiefe f muss gleich oder größer sein als die doppelte Schlitzweite a. Der Querschnitt der Ringkammer, gh, muss gleich oder größer sein als die Hälfte der gesamten Fläche der Öffnungen, die das Rohrinnere mit der Ringkammer verbindet.

Die Flächen des Fassungsringes, die mit dem zu messenden Fluid in Berührung kommen, müssen sorgfältig bearbeitet und sauber sein.

Die Entnahmebohrungen, welche die Ringkammern mit den Sekundärgeräten verbinden, müssen rund sein und einen Durchmesser j zwischen 4 mm und 10 mm aufweisen.

Die Fassungsringe auf der Einlauf- und Auslaufseite müssen nicht unbedingt symmetrisch zueinander sein, sie müssen aber beide die bereits genannten Anforderungen erfüllen.

Der Rohrdurchmesser muss nach 6.4.2 gemessen werden, wobei der Fassungsring als Teil der Düse angesehen werden muss. Dies gilt auch für die nach 6.4.4 angegebene Anforderung für den Abstand, sodass die Länge s von der Anströmkante des rückspringenden Fassungsringes aus gemessen werden muss.

5.1.5.2 Die Minus-Druckentnahmen dürfen entweder Eck-Druckentnahmen nach 5.1.5.1 sein oder solche nach den Beschreibungen dieses Abschnittes.

Der Abstand zwischen dem Zentrum der Druckentnahme und der Vorderseite der Düse muss

— $\leq 0{,}15D$ für $\beta \leq 0{,}67$

— $\leq 0{,}20D$ für $\beta > 0{,}67$

betragen.

Beim Einbau der Druckentnahmen muss der Dicke der Dichtungen und des Dichtungsmaterials entsprechende Bedeutung zugemessen werden.

Die Mittellinie der Druckentnahme muss die Mittellinie der Rohrachse möglichst unter einem Winkel von 90° schneiden, muss aber in jedem Fall innerhalb 3° zur Senkrechten liegen. Am Durchbruch zur Rohrinnenseite muss die Bohrung rund sein. Ihre Kante muss mit der Rohrinnenseite bündig, frei von Grat und so scharf wie möglich sein. Um Bohrgrat oder Späne sicher zu entfernen, ist eine kleine Abrundung der inneren Kante zulässig, die jedoch so klein wie möglich sein muss. Falls eine Messung möglich ist, muss der Kantenradius kleiner als ein Zehntel des Bohrungsdurchmessers sein. Die Innenseite der Entnahmebohrung, die Bohrungskante an der Rohrinnenseite oder die Wand an der Rohrinnenseite nahe der Druckentnahme dürfen keine Unregelmäßigkeiten aufweisen. Für die Beurteilung der Übereinstimmung der Entnahmebohrung mit den Anforderungen dieses Absatzes ist eine Sichtprüfung ausreichend.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Der Durchmesser von Entnahmebohrungen muss kleiner als 0,13D und kleiner als 13 mm sein.

Für den Mindestdurchmesser gibt es keine Einschränkung, er ist praktisch nur durch die Gefahr einer Verstopfung oder durch unzureichende Dynamik der Übertragung festgelegt. Die Plus- und Minus-Druckentnahmen müssen den gleichen Durchmesser haben.

Die Entnahmebohrungen müssen, gemessen von der Rohrinnenseite, über eine Länge von mindestens 2,5-mal Bohrungsdurchmesser kreisrund und zylindrisch sein.

Die Mittellinien der Druckentnahmen dürfen in jeder axialen Ebene der Rohrleitung liegen.

Die Achse der Plus-Druckentnahme und die der Minus-Druckentnahme dürfen in verschiedenen axialen Ebenen liegen.

5.1.6 Koeffizienten der ISA-1932-Düse

5.1.6.1 Anwendungsgrenzen

Diese Düsenart nach diesem Teil von ISO 5167 darf nur dann verwendet werden, wenn die nachstehenden Grenzen eingehalten werden:

— $50\ \text{mm} \leq D \leq 500\ \text{mm}$;

— $0{,}3 \leq \beta \leq 0{,}8$;

und wenn Re_D innerhalb folgender Grenzen liegt:

— für $0{,}30 \leq \beta < 0{,}44\ 7 \times 10^4 \leq Re_\text{D} \leq 10^7$;

— für $0{,}44 \leq \beta \leq 0{,}80\ 2 \times 10^4 \leq Re_\text{D} \leq 10^7$.

Zusätzlich muss die relative Rohrrauheit den Werten nach Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Obere Grenzwerte der relativen Rohrrauheit im Einlauf von ISA-1932-Düsen

β	≤ 0,35	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,60	0,70	0,77	0,80
10^4 Ra/D	8,0	5,9	4,3	3,4	2,8	2,4	2,1	1,9	1,8	1,4	1,3	1,2	1,2
ANMERKUNG Die meisten Daten, auf denen die Tabelle beruht, wurden höchstwahrscheinlich im Bereich $Re_D \leq 10^6$ gesammelt. Bei höheren Reynolds-Zahlen sind für die Rohrrauheit wahrscheinlich strengere Grenzen erforderlich.													

Die meisten Versuche, auf denen die Durchflusskoeffizienten C dieses Teiles von ISO 5167 beruhen, wurden in Rohren mit einer relativen Rohrrauheit $Ra/D \leq 1{,}2 \times 10^{-4}$ durchgeführt. Rohre mit größerer relativer Rohrrauheit dürfen verwendet werden, wenn die Rauheit innerhalb 10D im Einlauf innerhalb der in Tabelle 1 gegebenen Grenzen liegt. Zur Bestimmung von Ra siehe ISO 5167-1.

5.1.6.2 Durchflusskoeffizient C

Der Durchflusskoeffizient C ist durch Gleichung (5) gegeben:

$$C = 0{,}990\ 0 - 0{,}226\ 2\beta^{4{,}1} - (0{,}001\ 75\beta^2 - 0{,}003\ 3\beta^{4{,}15})\left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{1{,}15} \quad (5)$$

Werte für C als Funktion von β und Re_D sind zur bequemen Handhabung in Tabelle A.1 angegeben. Diese Werte sind nicht für eine genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.1.6.3 Expansionszahl ε

Die Expansionszahl ε wird nach Gleichung (6) berechnet:

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{k\tau^{2/k}}{k-1}\right)\left(\frac{1-\beta^4}{1-\beta^4\tau^{2/k}}\right)\left(\frac{1-\tau^{(k-1)/k}}{1-\tau}\right)} \tag{6}$$

Gleichung (6) ist nur für die in 5.1.6.1 festgelegten Werte von β, D und Re_D geeignet. Versuchsergebnisse für die Bestimmung von ε sind nur für Luft, Dampf und Erdgas bekannt. Es gibt jedoch keine bekannten Einwände, die Gleichung auf andere Gase und Dämpfe mit bekannten Isentropenexponenten anzuwenden.

Gleichung (6) ist nur für $p_2/p_1 \geq 0{,}75$ anwendbar.

Werte für die Expansionszahl für einen Bereich von Isentropenexponenten, Druckverhältnissen und Durchmesserverhältnissen sind zur bequemen Handhabung in Tabelle A.5 angegeben. Diese Werte sind nicht für eine genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

5.1.7 Unsicherheiten

5.1.7.1 Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten *C*

Wenn β, D, Re_D und Ra/D als fehlerfrei angenommen werden können, beträgt die relative Unsicherheit von C

— 0,8 % für $\beta \leq 0{,}6$;

— $(2\beta - 0{,}4)$ % für $\beta > 0{,}6$.

5.1.7.2 Unsicherheit der Expansionszahl ε

Die relative Unsicherheit der Expansionszahl ε ist gleich

$$2\frac{\Delta p}{p_1}\,\%.$$

5.1.8 Druckverlust $\Delta\varpi$

Der Druckverlust $\Delta\varpi$ für die ISA-1932-Düse kann näherungsweise aus dem Wirkdruck Δp durch Gleichung (7) berechnet werden.

$$\Delta\infty = \frac{\sqrt{1-\beta^4} - C\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4} + C\beta^2}\Delta\rho \tag{7}$$

Dieser Druckverlust ist die Differenz der statischen Drücke zwischen der Einlaufseite der Düse an einer Stelle, an welcher der Einfluss des Staudruckes vernachlässigt werden darf (etwa 1D vor der Düse), und der Auslaufseite an einer Stelle, an welcher der Rückgewinn des statischen Druckes durch Strahlaufweitung abgeschlossen ist (etwa 6D hinter der Düse).

Der Koeffizient K für den Druckverlust der ISA-1932-Düse ist

$$K = \left[\frac{\sqrt{1-\beta^4(1-C^2)}}{C\beta^2} - 1\right]^2 \tag{8}$$

wobei K durch Gleichung (9) definiert ist:

$$K = \frac{\Delta\omega}{\frac{1}{2}\rho_1 U^2} \tag{9}$$

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.2 Langradius-Düsen

5.2.1 Allgemeines

Zwei Arten von Langradius-Düsen werden wie folgt unterschieden:

— Düsen mit großem Durchmesserverhältnis ($0{,}25 \leq \beta \leq 0{,}8$);

— Düsen mit kleinem Durchmesserverhältnis ($0{,}20 \leq \beta \leq 0{,}5$).

Für β-Werte zwischen 0,25 und 0,5 dürfen beide Düsenarten verwendet werden.

Bild 2 zeigt die geometrischen Formen der Langradius-Düsen im Schnitt.

Die im nachfolgenden Text verwendeten Buchstaben entsprechen denen in Bild 2.

Beide Düsenarten bestehen aus einem sich verengenden Teil in Form einer Viertelellipse und einem zylindrischen Halsteil.

Der innerhalb der Rohrleitung befindliche Teil der Düse ist mit der möglichen Ausnahme der Druckentnahmebohrungen rotationssymmetrisch.

5.2.2 Profil der Düse mit großem Durchmesserverhältnis

5.2.2.1 Das Profil der Düse ist gekennzeichnet durch:

— den sich verengenden Teil A;

— den zylindrischen Halsteil B;

— das stumpfe Ende C.

5.2.2.2 Der sich verengende Teil A hat die Form einer Viertelellipse.

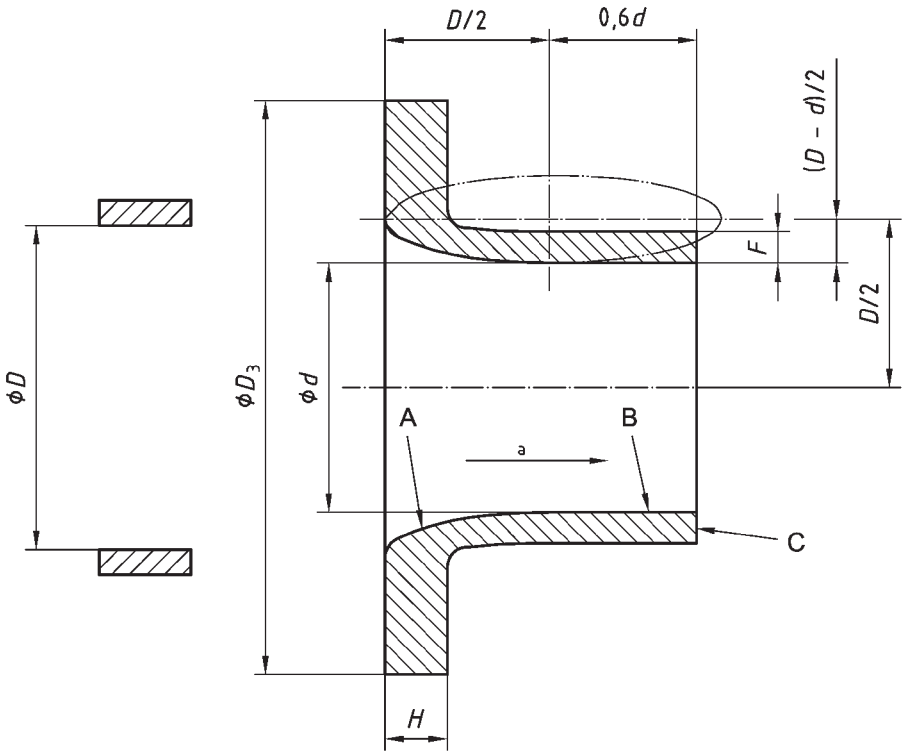
Der Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Ellipse und der Mittellinie der Düse beträgt $D/2$. Die Hauptachse der Ellipse verläuft parallel zur Mittellinie der Düse. Die halbe Länge der Hauptachse beträgt $D/2$. Die halbe Länge der Nebenachse beträgt $(D - d)/2$.

Das Profil des sich verengenden Teiles muss mit einer Schablone geprüft werden. Zwei Durchmesser des sich verengenden Teiles, die in derselben, zur Mittellinie senkrechten Ebene gemessen werden, dürfen sich höchstens um 0,1 % ihres Mittelwertes voneinander unterscheiden.

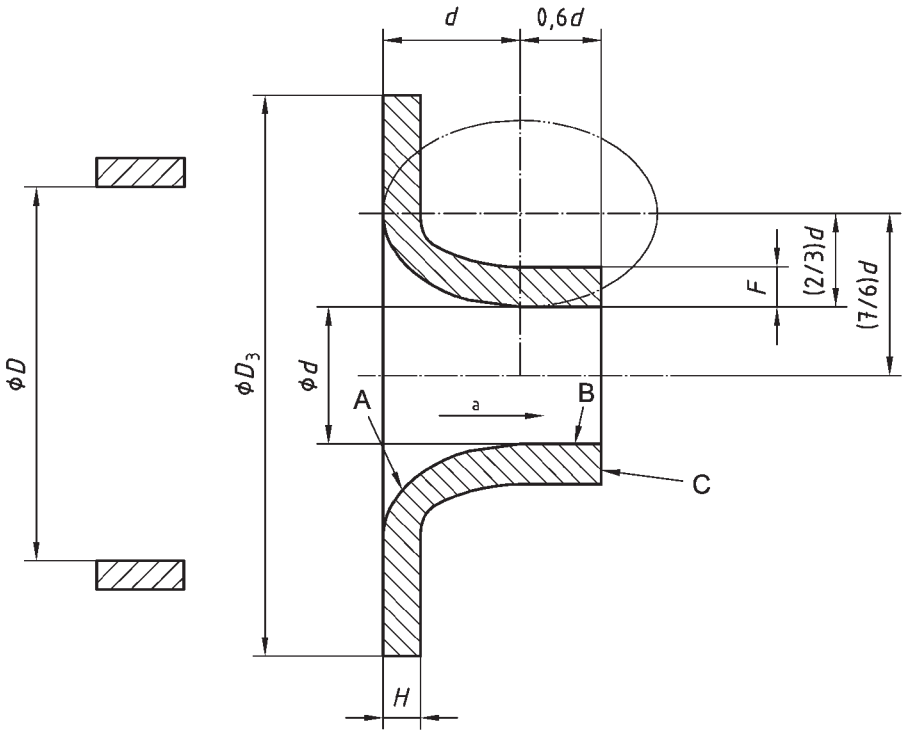
5.2.2.3 Der Halsteil B hat einen Durchmesser d und eine Länge von $0{,}6d$.

Als Durchmesser d des zylindrischen Teiles gilt der arithmetische Mittelwert von mindestens vier Durchmessern, die in verschiedenen axialen Ebenen mit annähernd gleichen Winkelabständen zueinander verteilt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12



a) Großes Durchmesserverhältnis $0{,}25 \leq \beta \leq 0{,}8$



b) Kleines Durchmesserverhältnis $0{,}2 \leq \beta \leq 0{,}5$

Legende

a Strömungsrichtung

Bild 2 — Langradius-Düsen

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Der Halsteil muss zylindrisch sein. Kein Durchmesser darf um mehr als 0,05 % vom mittleren Durchmesser abweichen. Um festzustellen, dass der Halsteil sich auf keinen Fall in Strömungsrichtung erweitert, sind in einer genügenden Anzahl von Querschnitten Messungen vorzunehmen. Eine geringe Verengung innerhalb der angegebenen Unsicherheitsgrenzen ist jedoch zulässig. Diese Bedingung ist besonders für den in unmittelbarer Nähe des Austrittes des Halsteiles liegenden Abschnitt wichtig. Die Anforderung gilt als erfüllt, wenn keiner der gemessenen Durchmesser die oben genannte Grenze in Bezug auf die Grenzabweichungen vom Mittelwert überschreitet.

5.2.2.4 Der Abstand zwischen Rohrwand und Rückseite des Halsteiles muss gleich oder größer 3 mm sein.

5.2.2.5 Die Dicke H muss gleich oder größer als 3 mm und gleich oder kleiner als $0{,}15D$ sein. Die Dicke F des zylindrischen Teiles muss gleich oder größer 3 mm sein, außer bei $D \leq 65$ mm, wo F größer oder gleich 2 mm sein muss. Die Dicke muss ausreichend sein, um Verwindungen durch die Bearbeitungsbelastungen zu vermeiden.

5.2.2.6 Der arithmetische Mittenrauhwert Ra für die Oberfläche der Innenseite muss $\leq 10^{-4}d$ sein.

5.2.2.7 Für die Form der Rückseite (Außenseite) bestehen keine besonderen Anforderungen; sie muss jedoch 5.2.2.4 und 5.2.2.5 und dem letzten Satz von 5.2.1 entsprechen.

5.2.3 Profil der Düse mit kleinem Durchmesserverhältnis

5.2.3.1 Die Anforderungen nach 5.2.2 für Düsen mit großem Durchmesserverhältnis gelten auch für Düsen mit kleinem Durchmesserverhältnis, mit Ausnahme solcher für die Ausführung der Ellipse, für die eine Ausführung nach 5.2.3.2 festgelegt ist.

5.2.3.2 Der sich verengende Einlaufteil A hat die Form einer Viertelellipse. Der Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Ellipse und der Mittellinie der Düse beträgt $d/2 + 2d/3 = 7d/6$. Die Hauptachse der Ellipse verläuft parallel zur Mittellinie der Düse. Die halbe Länge der Hauptachse beträgt d. Die halbe Länge der Nebenachse beträgt $2d/3$.

5.2.4 Werkstoff und Herstellung

Die Langradius-Düse darf aus jedem Material und nach jedem beliebigen Fertigungsverfahren hergestellt werden, sofern sie während der Durchflussmessung mit der vorhergehenden Beschreibung in Übereinstimmung bleibt.

5.2.5 Druckentnahmen

5.2.5.1 Die Plus-Druckentnahme muss in einem Abstand von $1D^{+0{,}2D}_{-0{,}1D}$ der Stirnfläche der Düse angeordnet werden.

Die Mittellinie der Minus-Druckentnahme muss in einem Abstand von $0{,}50D \pm 0{,}01D$ hinter der Stirnfläche, darf jedoch in keinem Fall hinter dem Ausgang der Düse liegen. Außer im Falle einer Düse mit kleinem Durchmesserverhältnis mit $\beta < 0{,}318\,8$; hier muss die Mittellinie der Minus-Druckentnahme bei $1D^{+0}_{-0{,}02D}$ hinter der Stirnfläche liegen.

Beim Einbau der Druckentnahmen muss der Dicke der Dichtungen und des Dichtungsmaterials entsprechende Bedeutung zugemessen werden.

5.2.5.2 Die Mittellinie der Druckentnahme muss die Mittellinie der Rohrachse möglichst unter einem Winkel von 90° schneiden, muss aber in jedem Fall innerhalb 3° zur Senkrechten liegen. Im Punkt ihres Durchbruches in die Düse muss die Entnahmeöffnung rund sein. Ihre Kante muss mit der Rohrinnenseite bündig, frei von Grat und so scharf wie möglich sein. Um Bohrgrat oder Späne sicher zu entfernen, ist eine kleine Abrundung der inneren Kante zulässig, die jedoch so klein wie möglich sein muss. Falls eine Messung möglich ist, muss der Kantenradius kleiner als ein Zehntel des Bohrungsdurchmessers sein. Die Innenseite

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

der Entnahmebohrung, die Bohrungskante an der Rohrinnenseite oder die Wand an der Rohrinnenseite nahe der Druckentnahme dürfen keine Unregelmäßigkeiten aufweisen. Für die Beurteilung der Übereinstimmung der Entnahmebohrung mit den Anforderungen dieses Absatzes ist eine Sichtprüfung ausreichend.

Der Durchmesser von Entnahmebohrungen muss kleiner als $0{,}13D$ und kleiner als 13 mm sein.

Für den Mindestdurchmesser gibt es keine Einschränkung, er ist praktisch nur durch die Gefahr einer Verstopfung oder durch unzureichende Dynamik der Übertragung festgelegt. Die Plus- und Minus-Druckentnahmen müssen den gleichen Durchmesser haben.

Die Entnahmebohrungen müssen, gemessen von der Rohrinnenseite, über eine Länge von mindestens 2,5-mal Bohrungsdurchmesser kreisrund und zylindrisch sein.

Die Mittellinien der Druckentnahmen dürfen in jeder axialen Ebene der Rohrleitung liegen.

Die Achse der Plus-Druckentnahme und die der Minus-Druckentnahme dürfen in verschiedenen axialen Ebenen liegen.

5.2.6 Koeffizienten für Langradius-Düsen

5.2.6.1 Anwendungsgrenzen

Langradius-Düsen nach diesem Teil von ISO 5167 dürfen nur dann verwendet werden, wenn die nachstehenden Grenzen eingehalten werden:

— $50\ \text{mm} \leq D \leq 630\ \text{mm}$;

— $0{,}2 \leq \beta \leq 0{,}8$;

— $10^4 \leq Re_\text{D} \leq 10^7$;

— $Ra/D \leq 3{,}2 \times 10^{-4}$ in der einlaufseitigen Rohrleitung.

Es dürfen Rohre mit höherer relativer Rohrrauheit dann verwendet werden, wenn sich die Rauheit im Abstand von mindestens $10D$ vor der Düse innerhalb der oben angegebenen Grenzen bewegt. Zur Bestimmung von Ra siehe ISO 5167-1.

ANMERKUNG Die meisten Daten, auf denen die Tabelle beruht, wurden höchstwahrscheinlich im Bereich $Re_\text{d} \leq 10^6$ gesammelt. Bei höheren Reynolds-Zahlen sind für die Rohrrauheit wahrscheinlich strengere Grenzen erforderlich.

5.2.6.2 Durchflusskoeffizient C

Die Durchflusskoeffizienten C für beide Arten von Langradius-Düsen sind gleich, wenn die Druckentnahmen den Anforderungen nach 5.2.5 entsprechen.

Der Durchflusskoeffizient C wird, wenn die Reynolds-Zahl Re_D auf den Rohrdurchmesser vor der Düse bezogen wird, aus Gleichung (10) ermittelt:

$$C = 0{,}996\,5 - 0{,}006\,53\sqrt{\frac{10^6\beta}{Re_D}} \tag{10}$$

Bei einer auf den Durchmesser des Halsteils bezogenen Reynolds-Zahl Re_D wird Gleichung (10) für den Durchflusskoeffizienten zu:

$$C = 0{,}996\,5 - 0{,}006\,53\sqrt{\frac{10^6}{Re_d}} \tag{11}$$

Werte für C als Funktion von β und Re_D sind zur bequemen Handhabung in Tabelle A.2 angegeben. Diese Werte sind nicht für eine genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.2.6.3 Expansionszahl ε

Die Angaben nach 5.1.6.3 gelten auch für die Expansionszahlen von Langradius-Düsen, jedoch nur innerhalb der in 5.2.6.1 genannten Anwendungsgrenzen.

5.2.7 Unsicherheiten

5.2.7.1 Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C

Wenn β und Re_D als fehlerfrei angenommen werden können, beträgt die relative Unsicherheit von C gleich 2,0 % für alle Werte von β zwischen 0,2 und 0,8.

5.2.7.2 Unsicherheit der Expansionszahl ε

Die relative Unsicherheit der Expansionszahl ε ist gleich

$$2\frac{\Delta p}{p_1}\%$$

5.2.8 Druckverlust $\Delta\varpi$

Die nach 5.1.8 beschriebenen Angaben gelten ebenfalls für den Druckverlust von Langradius-Düsen.

5.3 Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil

5.3.1 Allgemeines

Bild 3 zeigt die geometrischen Formen der Düsen mit Entnahmebohrung am Halsteil im Schnitt und stellt Querschnitte dar, die durch die Mittellinie der Halsteile führen.

Die im nachfolgenden Text verwendeten Buchstaben entsprechen denen in Bild 3.

Beide Düsenarten bestehen aus einer Einlaufstrecke, sich verengendem Teil in Form einer Viertelellipse und einem zylindrischen Halsteil.

Der Unterschied zwischen den beiden Düsen mit Entnahmebohrung am Halsteil ist die Druckentnahme im Halsteil: jede Druckentnahme ist zulässig. Die Plus-Druckentnahme muss D stromaufwärts von der Stirnfläche angeordnet sein.

5.3.2 Profil der Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil

5.3.2.1 Das Profil der Düse ist gekennzeichnet durch:

— die Stirnfläche E;

— den sich verengenden Teil A;

— den zylindrischen Halsteil B.

5.3.2.2 Der Kreisbogen A darf nicht tangential in die Stirnfläche E übergehen.

5.3.2.3 Die Form von A ist eine Ellipse mit $r_1 = d \pm 0{,}000\,2d$ und $0{,}625d < r_2 < 0{,}67d$.

5.3.2.4 Der Halsteil muss zylindrisch sein. Kein Durchmesser darf um mehr als 0,05 % vom mittleren Durchmesser d abweichen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn keiner der gemessenen Durchmesser die oben genannte Grenze in Bezug auf die Grenzabweichung vom Mittelwert überschreitet.

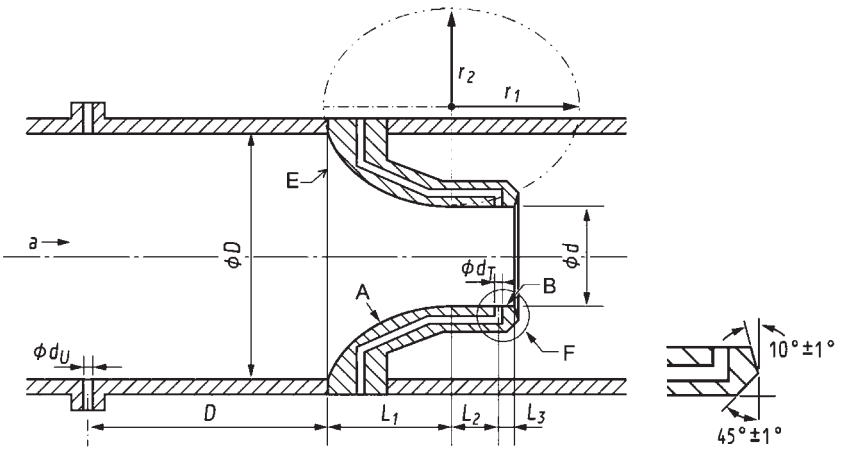
5.3.2.5 Im zylindrischen Halsteil B ist L_2 $0{,}5d$. Die Toleranz von $L_1 + L_2$ muss $\pm 0{,}005d$ betragen. L_3 muss länger als $0{,}25d$ sein.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

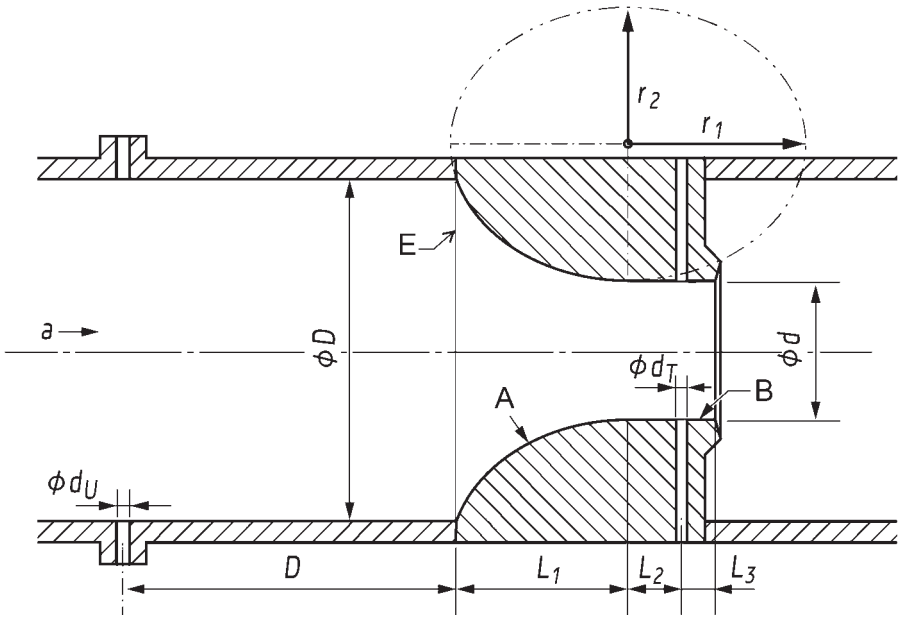
5.3.2.6 Die Oberflächen der Innenseiten sollten hydraulisch glatt sein. Der Rauheitsfaktor *Ra* sollte das folgende Verhältnis erfüllen.

$$\frac{Ra}{d} < 14\, Re_d^{-0,92} \qquad (12)$$

Detailansicht von F



a)



b)

[a] Strömungsrichtung

Bild 3 — Düsen mit Entnahmebohrung am Halsteil

5.3.3 Werkstoff und Herstellung

Die Durchflussdüse mit Entnahmebohrung am Halsteil darf aus jedem Material und nach jedem beliebigen Fertigungsverfahren hergestellt werden, sofern sie während der Durchflussmessung mit der vorhergehenden Beschreibung in Übereinstimmung bleibt.

Die Durchflussdüse mit Entnahmebohrung am Halsteil wird üblicherweise aus Metall hergestellt. Sie muss gegen Erosion und Korrosion durch die Fluide beständig sein.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.3.4 Druckentnahmen

5.3.4.1 Winkellage der Druckentnahmen

Die Mittellinien der Bohrungen für die Druckentnahmen können in jeder beliebigen axialen Ebene des Rohres liegen. Es sollte jedoch Rücksicht auf die Lage der Druckentnahmen genommen werden, da Verunreinigungen, Flüssigkeitströpfchen oder Gasblasen nicht auszuschließen sind. In diesen Fällen sollten der Boden und die Oberseite der Rohrleitung vermieden werden.

Die Plus- und Minus-Druckentnahmen müssen mindestens zwei Einzel-Druckentnahmen sein, die in eine Ringkammer, eine Ringleitung oder, falls es vier Einzel-Druckentnahmen sind, in eine „Triple-T"-Anordnung münden (siehe ISO 5167-1:2003, 5.4.3). Ringspalte oder unterbrochene Spalte dürfen nicht verwendet werden.

5.3.4.2 Rundheit und Kante von Druckentnahmen

Die Entnahmebohrungen müssen, gemessen von der Innenseite der Düse, über eine Länge von mindestens 2,5-mal des Durchmessers der Bohrungen kreisrund sein. Die Kanten der Druckentnahmen müssen scharfkantig ohne jegliche Bohrgrate sein.

5.3.4.3 Plus-Druckentnahme

Die Mittellinie der Plus-Druckentnahme muss in einem Abstand $1D^{+0,2D}_{-0,1D}$ von der Stirnfläche der Düse angeordnet werden. Der Durchmesser d_U muss zwischen 2 mm und 7 mm liegen.

5.3.4.4 Druckentnahme im Halsteil

Die Mittellinien der Druckentnahmen im Halsteil müssen die Mittellinie der Durchflussdüse mit Entnahmebohrung am Halsteil treffen und müssen gleiche Winkel zueinander bilden. Die Mittellinien der Druckentnahmen im Halsteil müssen in einer Ebene senkrecht zur Mittellinie der Düse liegen.

Der Durchmesser d_T muss von 2 mm bis 7 mm und d_T/d von 0,01 bis 0,04 betragen. Es wird empfohlen, dass d_U und d_T gleich sein sollten.

5.3.5 Koeffizienten

5.3.5.1 Anwendungsgrenzen

Durchflussdüsen mit Entnahmebohrung am Halsteil nach diesem Teil von ISO 5167 dürfen nur dann verwendet werden, wenn die nachstehenden Grenzen eingehalten werden:

— $100\ \text{mm} \leq D \leq 630\ \text{mm}$;

— $0{,}4 \leq \beta \leq 0{,}5$;

— $8 \times 10^5 \leq Re_d \leq 2 \times 10^7$;

— $2\ \text{mm} \leq d_T \leq 7\ \text{mm}$;

— $0{,}01 \leq d_T/d \leq 0{,}04$;

— $Ra/D \leq 28\ Re_D^{-0,92}$ in der einlaufseitigen Rohrleitung mit $4D$.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.3.5.2 Durchflusskoeffizient C

Der Durchflusskoeffizient C ist durch Gleichung (13) und Gleichung (14) gegeben:

$$C = 1{,}009\,0 - \frac{0{,}255}{Re_d^{0{,}2}}\left(1 - \frac{400\,000}{Re_d}\right)^{0{,}8} \qquad (\text{für } 8{,}0 \times 10^5 \leq Re_d < 3{,}0 \times 10^6) \tag{13}$$

$$C = 0{,}982\,3 - \frac{0{,}255}{Re_d^{0{,}2}}\left(1 - \frac{400\,000}{Re_d}\right)^{0{,}8} + 0{,}001\,8\,\ln(Re_d) \quad (\text{für } 3{,}0 \times 10^6 \leq Re_d) \tag{14}$$

Werte von C als Funktion von Re_d sind zur bequemen Handhabung in Tabelle A.3 angegeben. Sie sind nicht für eine genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

5.3.5.3 Expansionszahl ε

Die Angaben nach 5.1.6.3 (ISA-1932-Düse) gelten auch für die Expansionszahlen von Durchflussdüsen mit Entnahmebohrung am Halsteil, jedoch nur innerhalb der in 5.3.5.1 genannten Anwendungsgrenzen.

5.3.6 Unsicherheiten

5.3.6.1 Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C

Innerhalb der in 5.3.5.1 genannten Anwendungsgrenzen beträgt die Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten ohne Kalibrierung 0,7 %.

ANMERKUNG Bei kompressibler Strömung kann die Unsicherheit zunehmen, wenn sich der Durchmesser der Druckentnahme im Halsteil im rechtwinkligen Krümmer innerhalb der Düse und am nächsten zum Halsteil selbst ändert.

5.3.6.2 Unsicherheit der Expansionszahl ε

Die relative Unsicherheit der Expansionszahl ε ist gleich

$$2\frac{\Delta p}{p_1}\,\%$$

5.3.7 Kalibrierung und Extrapolation

Um eine genauere Unsicherheit zu erhalten, ist die Kalibrierung wie folgt durchzuführen.

— Die Messung muss an mehr als 6 verschiedenen Reynolds-Zahlen durchgeführt werden.

— Die maximale Reynolds-Zahl der Kalibrierung muss $Re_d > 2{,}5 \times 10^6$ sein. Die minimale Reynolds-Zahl der Kalibrierung muss $8{,}0 \times 10^5 < Re_d < 1{,}5 \times 10^6$ sein.

— Der Korrekturkoeffizient k in der folgenden Gleichung wird für die Reynolds-Zahl jeder Messung unter Verwendung des aus der Kalibrierung erhaltenen Durchflusskoeffizienten C_c berechnet.

$$k = C_c + \frac{0{,}255}{Re_d^{0{,}2}}\left(1 - \frac{400\,000}{Re_d}\right)^{0{,}8} - 0{,}196\frac{d_T}{d} \qquad (\text{für } 8{,}0 \times 10^5 \leq Re_d < 3{,}0 \times 10^6) \tag{15}$$

$$k = C_c + \frac{0{,}255}{Re_d^{0{,}2}}\left(1 - \frac{400\,000}{Re_d}\right)^{0{,}8} - \{0{,}074\,6\ln(Re_d) - 0{,}905\,1\}\frac{d_T}{d} \quad (\text{für } 3{,}0 \times 10^6 \leq Re_d) \tag{16}$$

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Der Durchflusskoeffizient kann berechnet werden, indem der Mittelwert von k in die nächste Gleichung eingesetzt wird.

$$C = \bar{k} - \frac{0{,}255}{Re_d^{0{,}2}}\left(1 - \frac{400\,000}{Re_d}\right)^{0{,}8} + \{0{,}074\,6\ln(Re_d) - 0{,}905\,1\}\frac{d_T}{d} \quad (17)$$

Die Unsicherheit der Gleichung U_E beträgt 0,3 %. Gleichung (17) ist verfügbar für $3{,}0 \times 10^6 < Re_\mathrm{d} < 2{,}0 \times 10^7$ und $Re_\mathrm{d} d_\mathrm{T}/\mathrm{d} < 4{,}5 \times 10^5$ als Extrapolation des Kalibrierergebnisses. Die Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten ergibt sich wie folgt.

$$\sqrt{U_E^2 + U_C^2}(\%)$$

Dabei ist U_C die Unsicherheit der Kalibriereinrichtung. Die Kalibrierung muss in einer Einrichtung nach ISO/IEC 17025 durchgeführt werden. Die Auslegung der Rohrleitung unter Betriebsbedingungen sollte in der Kalibriereinrichtung nachgebildet werden, um die Unsicherheit der Durchflussdüse mit Entnahmebohrung am Halsteil bei ihrem Einbau zu reduzieren. Wenn ein Strömungsgleichrichter verwendet wird, wird davon ausgegangen, dass das Kalibrierrohr die Rohrleitung unter Betriebsbedingungen ausreichend nachbildet, wenn die Rohrleitung den Anforderungen nach 6.3.2 entspricht, und dass dieselbe einlaufseitige Rohrleitung und derselbe Strömungsgleichrichter sowohl bei der Kalibrierung als auch im Betrieb verwendet werden.

ANMERKUNG Bei kompressibler Strömung kann die Unsicherheit zunehmen, wenn sich der Durchmesser der Bohrung im Halsteil im rechtwinkligen Krümmer innerhalb der Düse und am nächsten zum Halsteil selbst ändert.

5.3.8 Druckverlust

5.1.8 (ISA-1932-Düse) gilt ebenfalls für den Druckverlust von Durchflussdüsen mit Entnahmebohrung am Halsteil.

5.4 Venturidüse

5.4.1 Allgemeine Beschreibung der Form

5.4.1.1 Das Profil einer Venturidüse (siehe Bild 4) ist rotationssymmetrisch. Es besteht aus einem sich verengenden Einlaufteil mit gerundetem Profil, einem zylindrischen Halsteil und einem Diffusor.

5.4.1.2 Die Stirnseite ist identisch mit der einer ISA-1932-Düse (siehe Bild 1).

5.4.1.3 Die Stirnfläche A ist durch die Fläche zwischen koaxialen Kreisen um die Mittellinie mit dem Durchmesser $1{,}5d$ und dem Rohrinnendurchmesser D begrenzt.

Für $d = 2D/3$ ist die radiale Breite der Stirnfläche gleich null.

Bei $d > 2D/3$ ist innerhalb der Rohrleitung keine ebene Stirnfläche vorhanden. In diesem Fall wird die Düse so hergestellt, als ob D größer als $1{,}5d$ wäre, und die Stirnfläche wird so abgedreht, dass der größte Durchmesser des Einlaufprofils gleich dem Rohrdurchmesser D ist.

5.4.1.4 Der Kreisbogen B geht für $d < 2\,D/3$ tangential in die Stirnfläche A über. Sein Radius R_1 ist gleich $0{,}2d \pm 0{,}02d$ für $\beta < 0{,}5$ und $0{,}2d \pm 0{,}006d$ für $\beta \geq 0{,}5$. Sein Mittelpunkt hat einen Abstand von $0{,}2d$ von der Stirnfläche A und von $0{,}75d$ von der Mittellinie.

5.4.1.5 Der Kreisbogen C geht tangential in den Kreisbogen B und den Halsteil E über. Sein Radius R_2 ist gleich $d/3 \pm 0{,}033d$ für $\beta < 0{,}5$ und $d/3 \pm 0{,}01d$ für $\beta \geq 0{,}5$. Sein Mittelpunkt hat einen Abstand von $d/2 + d/3 = 5d/6$ von der Mittellinie und von der Stirnfläche A einen Abstand

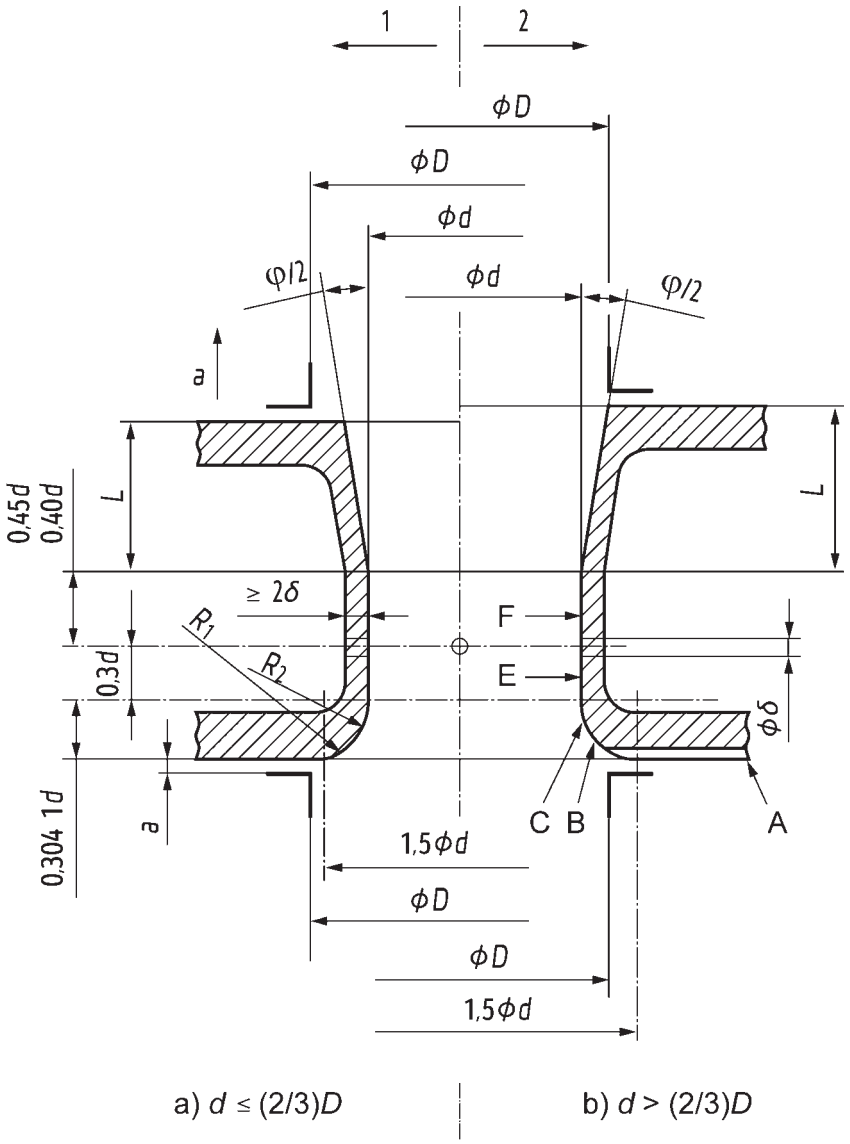
$$a = \frac{12 + \sqrt{39}}{60}d = 0{,}304\,1d \quad (18)$$

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.4.1.6 Der Halsteil (siehe Bild 4) besteht aus einem Teil E der Länge 0,3*d* und einem Teil F der Länge 0,4*d* bis 0,45*d*.

Der Durchmesser *d* des Halsteiles ist der arithmetische Mittelwert aus mindestens vier Durchmessern, die in verschiedenen axialen Ebenen mit annähernd gleichen Winkelabständen zueinander verteilt sind.



Legende

1 gekürzter Diffusor
2 nicht gekürzter Diffusor
a Strömungsrichtung

Bild 4 — Venturidüse

Der Halsteil muss zylindrisch sein. Kein Durchmesser darf um mehr als 0,05 % vom mittleren Durchmesser *d* abweichen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn keiner der gemessenen Durchmesser die oben genannte Grenze in Bezug auf die Grenzabweichungen vom Mittelwert überschreitet.

5.4.1.7 Der Diffusor (siehe Bild 4) muss mit Teil F des Halsteils ohne einen gerundeten Teil verbunden sein, alle Bohrgrate müssen jedoch entfernt werden.

Der im Diffusor beinhaltete Winkel φ muss kleiner oder gleich 30° sein.

Die Länge *L* des Diffusors hat praktisch keinen Einfluss auf den Durchflusskoeffizienten *C*. Es haben jedoch der im divergierenden Teil beinhaltete Winkel und deswegen die Länge Einfluss auf den Druckverlust.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

5.4.1.8 Eine Venturidüse wird als „verkürzt“ bezeichnet, wenn der Auslaufdurchmesser des Diffusors kleiner als der Durchmesser D ist, und als „nicht verkürzt“, wenn der Auslaufdurchmesser gleich dem Durchmesser D ist. Der Diffusor darf auf 35 % seiner Länge verkürzt werden, ohne dass sich dadurch der Druckverlust des Gerätes wesentlich ändert.

5.4.1.9 Für die Oberfläche der Innenseite der Venturidüse muss der arithmetische Mittenrauhwert Ra gleich oder größer $\leq 10^{-4}d$ betragen.

5.4.2 Werkstoff und Herstellung

5.4.2.1 Die Venturidüse darf aus jedem Werkstoff hergestellt werden, sofern sie der vorstehenden Beschreibung nach 5.4.1 entspricht und während der Anwendung unverändert bleibt. Die Venturidüse muss auf jeden Fall während der Messung sauber sein.

5.4.2.2 Die Venturidüse wird üblicherweise aus Metall hergestellt. Sie muss gegen Erosion und Korrosion durch das Fluid beständig sein.

5.4.3 Druckentnahmen

5.4.3.1 Winkellage der Druckentnahmen

Die Mittellinien der Bohrungen für die Druckentnahmen können in jeder beliebigen axialen Ebene des Rohres liegen. Es sollte jedoch Rücksicht auf die Lage der Druckentnahmen genommen werden, da Verunreinigungen, Flüssigkeitströpfchen oder Gasblasen nicht auszuschließen sind. In diesen Fällen sollten der Boden und die Oberseite der Rohrleitung vermieden werden.

5.4.3.2 Plus-Druckentnahmen

Die Plus-Druckentnahmen müssen Eck-Druckentnahmen sein (siehe 5.1.5.1). Die Entnahmen dürfen entweder direkt im Rohr oder in Flanschen oder auch in Fassungsringen untergebracht werden, wie dies im Bild 5 dargestellt ist.

5.4.3.3 Minus-Druckentnahmen im zylindrischen Halsteil

Die Minus-Druckentnahmen müssen mindestens vier Einzel-Druckentnahmen sein, die in eine Ringkammer, eine Ringleitung oder, falls es vier Einzel-Druckentnahmen sind, in eine „Triple-T“-Anordnung münden (siehe ISO 5167-1:2003, 5.4.3). Ringspalte oder unterbrochene Spalte dürfen nicht verwendet werden.

Die Mittellinien der Einzel-Druckentnahmen müssen gleiche Winkel zueinander bilden, die Mittellinie der Venturidüse treffen und in einer Ebene liegen, welche die gedachte Grenze zwischen den Teilen E und F des zylindrischen Halsteiles bildet.

Der Durchmesser δ_2 jeder Einzel-Druckentnahme im Halsteil muss kleiner oder gleich $0{,}04d$ sein und außerdem zwischen 2 mm und 10 mm liegen.

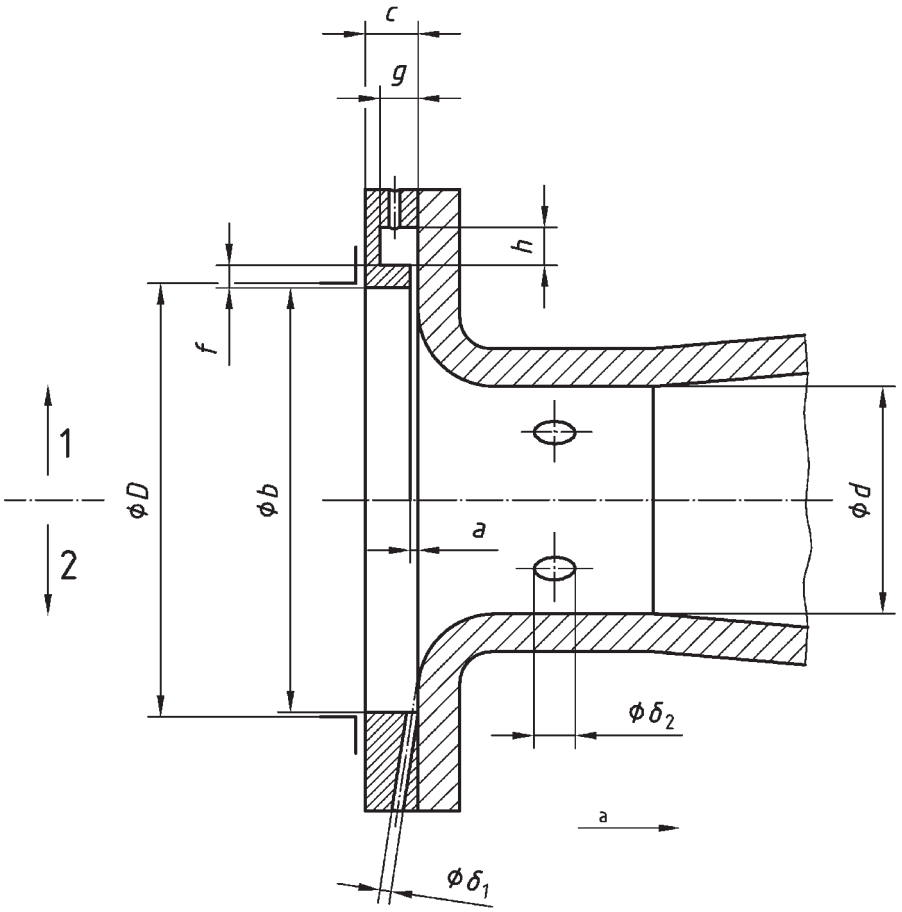
Gemessen von der Rohrinnenseite müssen die Bohrungen für die Druckentnahmen über eine Länge von mindestens 2,5-mal Bohrungsdurchmesser kreisrund und zylindrisch sein.

Im Punkt ihres Durchbruches in die Düse muss die Entnahmeöffnung rund sein. Ihre Kante muss mit der Rohrinnenseite bündig, frei von Grat und so scharf wie möglich sein. Um Bohrgrat oder Späne sicher zu entfernen, ist eine kleine Abrundung an der inneren Kante zulässig, die jedoch so klein wie möglich sein muss. Falls eine Messung möglich ist, muss der Kantenradius kleiner als ein Zehntel des Durchmessers der Bohrung sein. Die Innenseite der Entnahmebohrung, die Bohrungskante der in die Venturidüse gebohrten Entnahmeöffnung oder die Wand an der Rohrinnenseite nahe der Druckentnahme dürfen keine Unregelmäßigkeiten aufweisen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Für die Beurteilung der Übereinstimmung der Druckentnahme mit den Anforderungen dieses Absatzes genügt eine Sichtprüfung.



Legende

1 mit Ringkammer
2 mit Einzel-Druckentnahme
a Strömungsrichtung

Bild 5 — Venturidüse — Druckentnahmen

5.4.4 Koeffizienten

5.4.4.1 Anwendungsgrenzen

Venturidüsen nach diesem Teil von ISO 5167 dürfen nur dann verwendet werden, wenn die nachstehenden Grenzen eingehalten werden:

— $65\ \text{mm} \leq D \leq 500\ \text{mm}$;

— $d \geq 50\ \text{mm}$;

— $0{,}316 \leq \beta \leq 0{,}775$;

— $1{,}5 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$.

Zusätzlich muss die relative Rohrrauheit den Werten der Tabelle 2 entsprechen.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

Die meisten Versuche, auf denen die Werte für den Durchflusskoeffizienten C beruhen, wurden in Rohren mit einer relativen Rohrrauheit $Ra/D < 1{,}2 \times 10^{-4}$ durchgeführt. Es dürfen Rohre mit höherer relativer Rohrrauheit dann verwendet werden, wenn sich die Rauheit im Bereich von mindestens $10D$ vor der Düse innerhalb der Grenzen von Tabelle 2 bewegt. Zur Bestimmung von Ra siehe ISO 5167-1.

Tabelle 2 — Obere Grenzwerte der relativen Rohrrauheit im Einlauf für Venturidüsen

β	$\leq 0{,}35$	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,60	0,70	0,775
$10^4\, Ra/D$	8,0	5,9	4,3	3,4	2,8	2,4	2,1	1,9	1,8	1,4	1,3	1,2

5.4.4.2 Durchflusskoeffizient C

Der Durchflusskoeffizient C wird durch folgende Gleichung bestimmt:

$$C = 0{,}985\,8 - 0{,}196\,\beta^{4{,}5} \tag{19}$$

Werte von C als Funktion von β sind in Tabelle A.4 enthalten. Sie sind nicht für eine genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

ANMERKUNG Innerhalb der nach 5.4.4.1 festgelegten Grenzen ist C unabhängig von der Reynolds-Zahl und vom Durchmesser D der Rohrleitung.

5.4.4.3 Expansionszahl ε

Die Angaben nach 5.1.6.3 gelten auch für die Expansionszahl von Venturidüsen, jedoch nur innerhalb der in 5.4.4.1 angegebenen Anwendungsgrenzen.

5.4.5 Unsicherheiten

5.4.5.1 Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C

Wenn β als fehlerfrei angenommen werden kann und die Anwendungsgrenzen nach 5.4.4.1 eingehalten werden, dann ist die relative Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C gleich

$$(4 + 100\,\beta^8)\frac{\Delta p}{p_1}\,\%.$$

5.4.5.2 Unsicherheit der Expansionszahl ε

Die relative Unsicherheit der Expansionszahl ε ist gleich

$$(4 + 100\,\beta^8)\frac{\Delta p}{p_1}\,\%.$$

5.4.6 Druckverlust

Die in 5.4.6 gemachten Angaben sind auch für Venturidüsen anzuwenden, wenn der Winkel des Diffusors nicht größer als 15° ist.

Der relative Druckverlust ξ ist der Wert des Druckverlusts $\Delta p'' - \Delta p'$, bezogen auf den Wirkdruck Δp:

$$\xi = \frac{\Delta p'' - \Delta p'}{\Delta p} \tag{20}$$

Er wird in Bild 6 dargestellt und hängt im Einzelnen ab von

— dem Durchmesserverhältnis (ξ nimmt ab, wenn β zunimmt);

AVA Documents
Document Sharing Hub

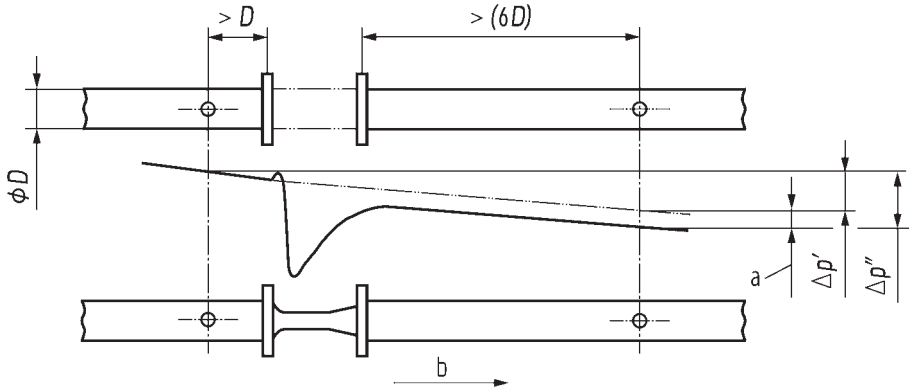
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12

— der Reynolds-Zahl (ξ nimmt ab, wenn Re_D zunimmt);

— den Merkmalen der Herstellung der Venturidüse, z. B. Winkel des Diffusors, Herstellungsart des Einlaufkonus, dem Oberflächenzustand der einzelnen Teile usw. (ξ nimmt zu, wenn φ und Ra/D zunehmen);

— den Einbaubedingungen (gute Ausrichtung, Rauheit der Leitung im Einlauf usw.).

Wenn der Winkel des Diffusors nicht größer als 15° ist, kann als Leitfaden im Allgemeinen ein Wert des relativen Druckverlustes zwischen 5 % und 20 % akzeptiert werden.



Legende

a Druckverlust
b Strömungsrichtung

Bild 6 — Druckverlust der Venturidüse

6 Anforderungen an den Einbau

6.1 Allgemeines

Allgemeine Anforderungen an den Einbau von Drosselgeräten sind in Abschnitt 7 von ISO 5167-1:2003 festgelegt. Neben diesen allgemeinen Anforderungen sollten die in diesem Abschnitt vorgegebenen besonderen Anforderungen für Düsen und Venturidüsen eingehalten werden. Die allgemeinen Anforderungen an die Strömungsbedingungen vor dem Drosselgerät sind in ISO 5167-1:2003, 7.3 festgelegt, die Anforderungen für den Einsatz von Strömungsumformern in ISO 5167-1:2003, 7.4. Für einige üblicherweise verwendete Einbaustörungen, festgelegt in Tabelle 3, können die dort aufgeführten Mindestlängen für störungsfreie gerade Rohrstrecken angewendet werden (detaillierte Anforderungen sind in 6.2 festgelegt).

6.2 Mindestlängen störungsfreier gerader Rohrstrecken im Ein- und Auslauf zwischen verschiedenen Einbaustörungen und der Düse

6.2.1 Die erforderlichen Mindestlängen störungsfreier gerader Rohrstrecken im Ein- und Auslauf der Düse ohne Verwendung eines Strömungsumformers sind für übliche Einbaustörungen in Tabelle 3 angegeben.

6.2.2 Wird kein Strömungsumformer verwendet, so sind die in Tabelle 3 angegebenen störungsfreien geraden Rohrstrecken als Mindestlängen zu verstehen. Besonders bei Forschungsarbeiten und Kalibrierungen wird empfohlen, zur Minimierung der Messunsicherheit die Werte der Tabelle 3 um mindestens den Faktor 2 zu erhöhen.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN ISO 5167-3:2019-12