

DIN EN ISO 5167-4



ICS 17.120.10

Entwurf

Einsprüche bis 2021-09-30
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 5167-4:2004-01

**Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten
Leitungen mit Kreisquerschnitt –
Teil 4: Venturirohre (ISO/DIS 5167-4:2021);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 5167-4:2021**

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full –

Part 4: Venturi tubes (ISO/DIS 5167-4:2021);

German and English version prEN ISO 5167-4:2021

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire –

Partie 4: Tubes de Venturi (ISO/DIS 5167-4:2021);

Version allemande et anglaise prEN ISO 5167-4:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-07-30 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 oder 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 67 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5167-4:2021) 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 beigelegt. 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 4006	siehe	DIN EN 24006
ISO 4288:1996	siehe	DIN EN ISO 4288:1998-04
ISO 5167-1:20XX	siehe	DIN EN ISO 5167-1:20xx (zur Zeit Entwurf)

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5167-4:2004-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Verwendung von einfachen Druckentnahmen für Venturirohre zugelassen;
- b) Angabe des Durchflusskoeffizienten und der Messunsicherheit in Abschnitt 5 für ein Venturirohr mit einem gefertigten konischen Expansionsteil für Reynolds-Zahlen größer als 10^6 ;
- c) Kalibrierung des Durchflusses von Venturirohren aufgenommen;
- d) Regeln für den Abstand von mehreren Armaturen umformuliert, ohne Änderung der eigentlichen Anforderungen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 24006, *Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen*

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*

DIN EN ISO 5167-1:20xx, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen (ISO 5167-1:2021); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 5167-1:2021*

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 4: Venturirohre (ISO/DIS 5167-4:2021)
<i>Titel en:</i>	Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes (ISO/DIS 5167-4:2021)
<i>Titel fr:</i>	Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 4: Tubes de Venturi (ISO/DIS 5167-4:2021)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Grundlagen des Mess- und Berechnungsverfahrens	8
5 Klassische Venturirohre	8
5.1 Anwendungsbereich	8
5.1.1 Allgemeines	8
5.1.2 Klassisches Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus	9
5.1.3 Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus	9
5.1.4 Klassisches Venturirohr mit gefertigtem Einlaufkonus	9
5.2 Allgemeine Form	9
5.2.1 Allgemeines	9
5.2.2 Einlaufzylinder	9
5.2.3 Sich verengender Abschnitt	10
5.2.4 Halsteil	11
5.2.5 Sich erweiternder Abschnitt	11
5.2.6 Verkürztes Venturirohr	11
5.2.7 Rauheit	11
5.2.8 Klassisches Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus	12
5.2.9 Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus	12
5.2.10 Klassisches Venturirohr mit gefertigtem Einlaufkonus	13
5.3 Werkstoff und Herstellung	13
5.4 Druckentnahmen	13
5.5 Durchflusskoeffizient C	14
5.5.1 Anwendungsgrenzen	14
5.5.2 Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit „gussrauhem“ Einlaufkonus	15
5.5.3 Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit bearbeitetem Einlaufkonus	15
5.5.4 Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit gefertigtem Einlaufkonus	15
5.6 Expansionszahl ε	16
5.7 Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C	16
5.7.1 Klassisches Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus	16
5.7.2 Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus	16
5.7.3 Klassisches Venturirohr mit gefertigtem Einlaufkonus	16
5.8 Unsicherheit der Expansionszahl ε	16
5.9 Druckverlust	16
5.9.1 Definition des Druckverlustes (siehe Bild 2)	16
5.9.2 Relativer Druckverlust	17
6 Anforderungen an den Einbau	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Mindestlängen gerader Rohrstrecken im Ein- und Auslauf zwischen verschiedenen Einbaustörungen und dem Venturirohr	18

6.3	Strömungsumformer.....	23
6.4	Zusätzliche besondere Anforderungen an den Einbau von klassischen Venturirohren	24
6.4.1	Rundheit und Zylinderförmigkeit des Rohrs und Ausrichtung des klassischen Venturirohres	24
6.4.2	Rauhheit des einlaufseitigen Rohres	24
7	Durchflusskalibrierung von Venturirohren.....	24
7.1	Allgemeines	24
7.2	Prüfstand	25
7.3	Einbau des Durchflussmessers.....	25
7.4	Erstellung des Prüfprogramms	25
7.5	Angabe der Ergebnisse der Kalibrierung im Bericht	26
7.6	Analyse der Unsicherheit der Kalibrierung.....	26
7.6.1	Allgemeines	26
7.6.2	Unsicherheit des Prüfstandes.....	26
7.6.3	Unsicherheit des Venturirohres	26
Anhang A (informativ) Tabelle für die Expansionszahl		27
Anhang B (informativ) Klassische Venturirohre, die außerhalb des Anwendungsbereiches von ISO 5167-4 verwendet werden.....		28
B.1	Allgemeines	28
B.2	Wirkung des Durchmesserverhältnisses β	28
B.3	Einfluss der Reynolds-Zahl Re_D	28
B.3.1	Allgemeines	28
B.3.2	Klassisches Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus.....	29
B.3.3	Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus.....	29
B.3.4	Klassisches Venturirohr mit gefertigtem Einlaufkonus.....	30
B.3.5	Klassisches Venturirohr mit einem Profil, das dem für einen „gussrauhem“ Einlaufkonus entspricht, dessen Einlaufzylinder und Einlaufkonus jedoch bearbeitet sind	30
B.4	Wirkungen der relativen Rohrrauheit Ra/D	31
B.4.1	Rauhheit des klassischen Venturirohres	31
B.4.2	Rauhheit des Rohres im Einlauf.....	31
Anhang C (informativ) Druckverlust in einem klassischen Venturirohr		32
C.1	Allgemeines	32
C.2	Mittelwert des Druckverlustes und Einfluss der relativen Rauheit	32
C.3	Einfluss der Reynolds-Zahl	32
C.4	Einfluss des Diffusorwinkels	32
C.5	Einfluss der Kürzung.....	32
Literaturhinweise.....		34

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5167-4:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 000 „Europäisches Komitee für Normung (CEN)“ erarbeitet, dessen Sekretariat von xxx gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 5167-4:2003 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 5167-4:2021 wurde von CEN als prEN ISO 5167-4:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (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 Normungsthemen 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.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

ISO 5167-4 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30, *Measurement of fluid flow in closed conduits*, Unterkomitee SC 2, *Pressure differential devices* erarbeitet.

Diese zweite Fassung von ISO 5167-4 ersetzt die erste Fassung (ISO 5167-4:2003), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

Die Verwendung einzelner Druckentnahmen bei Venturirohren ist zulässig.

Der Durchflusskoeffizient und die Unsicherheit für ein Venturirohr mit einem bearbeiteten Einlaufkonus sind für $Re_D > 10^6$ in Abschnitt 5 angegeben.

Die Durchflusskalibrierung von Venturirohren ist enthalten.

Der Wortlaut bezüglich der Regeln für die Abstände zwischen mehreren Einbaustörungen wurde verbessert, die eigentlichen Anforderungen wurden aber nicht geändert.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 5167 kann auf der ISO-Internetseite abgerufen werden.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

ISO 5167 ist in sechs Teile gegliedert und behandelt die Geometrie und Anwendungsverfahren (Einbau- und Betriebsbedingungen) von Blenden, Düsen, Venturirohren, Konus- und Keil-Durchflussmessern, die in voll durchströmten Leitungen eingesetzt sind, um den Durchfluss der Fluidströmung in der Leitung zu bestimmen. Es werden zudem auch notwendige Informationen für die Berechnung des Durchflusses und der damit verbundenen Unsicherheit gegeben.

ISO 5167 ist nur auf Drosselgeräte anwendbar, in denen die Strömung in allen Messquerschnitten im Unterschallbereich bleibt und das Fluid als einphasig betrachtet werden kann; sie ist jedoch nicht auf die Messung von pulsierenden Strömungen anwendbar. Ferner kann jedes dieser Geräte nur innerhalb festgelegter Grenzen von Rohrweite und Reynoldszahl eingesetzt werden.

ISO 5167 behandelt Geräte, bei denen direkte Kalibrierversuche in ausreichender Anzahl, Qualität und ausreichendem Umfang durchgeführt wurden, damit es bei kohärenten Anwendungssystemen möglich ist, sich auf deren Ergebnisse und Beiwerte zu stützen, die innerhalb bestimmter vorhersagbarer Unsicherheitsgrenzen anzugeben sind.

Die in das Rohr eingebauten Geräte werden als Primärgeräte bezeichnet. Die Benennung Primärgerät schließt auch die Druckentnahmen ein. Alle weiteren Messgeräte oder Geräte, die erforderlich sind, um die Messwertbestimmung der Messgeräte zu unterstützen, werden als Sekundärgeräte bezeichnet, und der Mengenumwerter, der diese Messwerte empfängt und die Algorithmen durchführt, ist als Tertiärgerät bekannt. ISO 5167 behandelt Primärgeräte; Sekundärgeräte¹ und Tertiärgeräte werden nur gelegentlich erwähnt.

ISO 5167 ist in die folgenden sechs Teile untergliedert.

- a) ISO 5167-1 enthält allgemeine Begriffe, Symbole, Messprinzipien und Anforderungen sowie Messverfahren und Angaben zur Unsicherheit, die in Verbindung mit ISO 5167, Teil 2 bis Teil 6 zu verwenden sind.
- b) ISO 5167-2 legt Anforderungen an Blenden fest, die mit Eck-Druckentnahmen, *D*- und *D*/2-Druckentnahmen² und mit Flansch-Druckentnahmen angewendet werden können.
- c) ISO 5167-3 legt Anforderungen an ISA-1932-Düsen³, Langradiusdüsen und Venturidüsen fest, die sich in der Form und Lage der Druckentnahmen voneinander unterscheiden. Langradiusdüsen mit Entnahmebohrung am Halsteil sind eingeschlossen.
- d) ISO 5167-4 legt klassische Venturirohre⁴ 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 liegt in der Verantwortung des Anwenders sicherzustellen, dass das System den zutreffenden Sicherheitsvorschriften entspricht.

¹ Siehe ISO 2186:2007, *Fluid flow in closed conduits — Connections for pressure signal transmissions between primary and secondary elements*.

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“, deren Nachfolger 1946 die ISO wurde.

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

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 5167 legt die Geometrie und das Anwendungsverfahren (Einbau- und Betriebsbedingungen) von Venturirohren fest, die in eine voll durchströmte Rohrleitung zur Bestimmung des Durchflusses des Fluids, das in der Rohrleitung strömt, eingesetzt werden.

Dieser Teil von ISO 5167 enthält auch Hintergrundinformationen für die Berechnung des Durchflusses und ist in Verbindung mit den in ISO 5167-1 angegebenen Anforderungen anwendbar.

Dieser Teil von ISO 5167 gilt nur für Venturirohre, in denen die Strömung im gesamten Messquerschnitt im Unterschallbereich bleibt und bei denen das Fluid als einphasig betrachtet werden kann. Darüber hinaus können Venturirohre in Übereinstimmung mit dieser Norm unkalibriert nur innerhalb festgelegter Grenzen von Rohrweite, Rauheit, Durchmesser Verhältnis und Reynoldszahl eingesetzt werden, oder alternativ über ihren jeweiligen kalibrierten Bereich. Dieser Teil von ISO 5167 ist nicht für die Messung pulsierender Strömungen anwendbar. Er behandelt nicht die Verwendung unkalibrierter Venturirohre mit Rohrweiten von weniger als 50 mm oder mehr als 1 200 mm, oder wenn die Reynolds-Zahlen im Rohr unter 2×10^5 liegen.

Dieser Teil von ISO 5167 behandelt drei Arten von klassischen Venturirohren:

- a) „gussraue“;
- b) bearbeitete;
- c) gefertigte (auch bekannt als „rauhe, aus Stahlblech geschweißte“).

Ein Venturirohr besteht aus einem sich verengenden Einlauf, an den sich ein zylindrischer Halsteil anschließt, der wiederum an einen sich konisch erweiternden Abschnitt angeschlossen ist, der als sich erweiternder Abschnitt (oder alternativ als Diffusor) bezeichnet wird. Venturidüsen (und andere Düsen) werden in ISO 5167-3 behandelt.

ANMERKUNG In den USA wird das klassische Venturirohr mitunter auch als „Herschel-Venturirohr“ bezeichnet.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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, *Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols*

ISO 5167-1:20XX, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements*

ISO 5168, *Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation of uncertainties*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Begriffe

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

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

4 Grundlagen des Mess- und Berechnungsverfahrens

Die Grundlage des Messverfahrens beruht auf dem Einbau eines Venturirohres in eine von einem Fluid voll durchströmte Rohrleitung. Zwischen dem Einlaufteil und dem Halsteil des Gerätes liegt eine statische Druckdifferenz vor. Geometrien und Ausführungen von Venturirohren wurden über einen großen Bereich von Strömungsbedingungen umfassend geprüft und es wurde nachgewiesen, dass sie innerhalb einer bestimmten Unsicherheit einen nachvollziehbaren Wert von C haben. Unkalibrierte Venturirohre einer dieser Geometrien und Ausführungen können innerhalb des gleichen Bereichs von Strömungsbedingungen verwendet werden, um den Durchfluss aus dem Messwert dieser Druckdifferenz und anhand der Kenntnis der Fluidbedingungen zu ermitteln.

Der Massendurchfluss kann mithilfe der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \Delta p \rho_1} \quad (1)$$

Die Unsicherheitsgrenzwerte können unter Anwendung des Verfahrens nach ISO 5167-1:20XX, Abschnitt 8 berechnet werden.

Gleichmaßen kann der Wert des Volumendurchflusses berechnet werden, da

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

ist.

Dabei ist

ρ die Dichte des Fluids bei der Temperatur und dem Druck, für die das Volumen angegeben ist.

Die Berechnung des Durchflusses, bei der es sich um einen arithmetischen Prozess handelt, wird durch Ersetzen der verschiedenen Terme auf der rechten Seite von Gleichung (1) durch ihre numerischen Werte durchgeführt. Tabelle A.1 gibt Expansionsfaktoren (ε) des Venturirohres an. Diese sind nicht für eine genaue Interpolation vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.

Die in Gleichung (1) angegebenen Durchmesser d und D sind die Werte der Durchmesser unter Betriebsbedingungen. Messungen, die unter anderen Bedingungen durchgeführt werden, sollten bezüglich einer möglichen Expansion oder Kontraktion des Primärgeräts und des Rohres, die durch die Temperatur- und Druckwerte des Fluids während der Messung bedingt sind, korrigiert werden.

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

5 Klassische Venturirohre

5.1 Anwendungsbereich

5.1.1 Allgemeines

Der Anwendungsbereich der in diesem Teil von ISO 5167 behandelten klassischen Venturirohre hängt von ihrer Herstellungsweise ab.

Drei Arten genormter klassischer Venturirohre sind entsprechend des Verfahrens der Herstellung der Innenfläche des Einlaufkonusses und der Ausführung des Überganges vom Einlaufkonus zum Halsteil festgelegt. Diese drei Herstellungsverfahren (und somit die Rauheit) werden in 5.1.2 bis 5.1.4 beschrieben, und die daraus resultierenden Venturirohre weisen etwas unterschiedliche Eigenschaften auf.

Für jede Bauart sind Grenzwerte für die Rauheit der Innenflächen und die Reynolds-Zahl angegeben.

5.1.2 Klassisches Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus

Dies ist ein klassisches Venturirohr, das durch Gießen in einer Sandform oder nach anderen Verfahren hergestellt wird, durch die der sich verengende Teil eine Oberflächenbeschaffenheit erhält, die der durch Sandguss erzeugten ähnelt. Der Halsteil wird bearbeitet, und die Übergänge zwischen den zylindrischen und den sich verengenden und erweiternden Abschnitten sind abgerundet.

Diese klassischen Venturirohre können in Rohren mit einem Durchmesser zwischen 100 mm und 800 mm und mit Durchmesserverhältnissen β von 0,3 bis einschließlich 0,75 verwendet werden.

5.1.3 Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus

Dies ist ein klassisches Venturirohr, das durch Gießen oder wie in 5.1.2 angegeben gefertigt wird, wobei jedoch der Einlaufkonus ebenso wie der Halsteil und der Einlaufzylinder bearbeitet werden. Die Übergänge zwischen den zylindrischen und den sich verengenden und erweiternden Teilen dürfen gerundet sein.

Diese klassischen Venturirohre können in Rohren mit einem Durchmesser zwischen 50 mm und 350 mm und mit Durchmesserverhältnissen β von 0,4 bis einschließlich 0,75 verwendet werden.

5.1.4 Klassisches Venturirohr mit gefertigtem Einlaufkonus

Dies ist ein klassisches Venturirohr, das üblicherweise durch Walzen von Stahlblech (oder einem alternativen Blechwerkstoff) zur Ausbildung der Abschnitte des Venturirohres, Schweißen zur Fertigstellung der zylindrischen, sich verengenden und erweiternden Abschnitte und anschließendes Zusammenschweißen dieser Teile gefertigt wird. Bei größeren Größen kann es unbearbeitet bleiben, sofern die in 5.2.4 geforderte Grenzabweichung erreicht werden kann, bei den kleineren Größen wird der Halsteil jedoch bearbeitet.

Diese klassischen Venturirohre können in Rohren mit einem Durchmesser zwischen 200 mm und 1 200 mm und mit Durchmesserverhältnissen β von 0,4 bis einschließlich 0,7 verwendet werden.

5.2 Allgemeine Form

5.2.1 Allgemeines

Bild 1 zeigt einen Schnitt durch die Mittellinie des Halsteils eines klassischen Venturirohres. Die im Text verwendeten Buchstaben beziehen sich auf die in Bild 1 angegebenen Buchstaben.

Das klassische Venturirohr besteht aus einem Einlaufzylinder A, an den sich ein sich konisch verengender Abschnitt B, ein zylindrischer Halsteil C und ein konischer Diffusor E anschließen. Die Innenfläche der Vorrichtung ist zylindrisch und konzentrisch zur Rohrmittelachse. Die Koaxialität des sich verengenden Abschnitts und des zylindrischen Halsteiles wird durch eine Sichtprüfung bewertet.

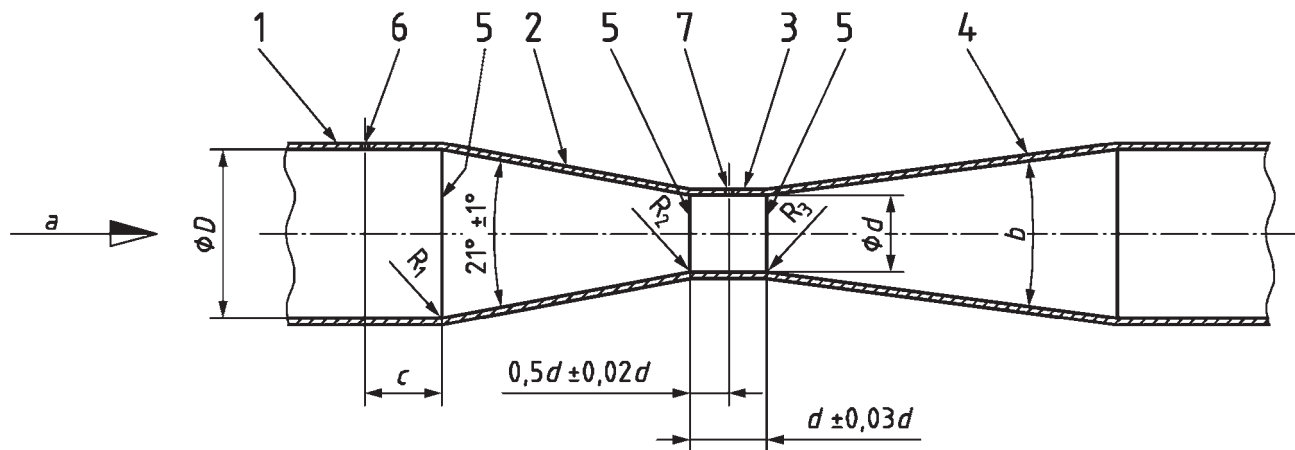
5.2.2 Einlaufzylinder

Die Mindestlänge des Zylinders, gemessen von der Ebene, die den Schnittpunkt des sich verengenden Kegelstumpf-Abschnitts B mit dem Zylinder A enthält, kann infolge des Herstellungsvorgangs verschieden sein (siehe 5.2.8 bis 5.2.10). Jedoch wird empfohlen, sie so zu wählen, dass sie D entspricht.

Der Durchmesser D des Einlaufzylinders muss in der Ebene der Plus-Druckentnahme(n) gemessen werden. Die Anzahl der Messungen muss mindestens vier betragen, von denen eine in der Nähe jeder Druckentnahme durchzuführen ist. Der arithmetische Mittelwert all dieser Messungen muss als Wert von D in die Berechnungen eingehen.

Durchmesser müssen auch in anderen Ebenen als der Ebene der Druckentnahme(n) gemessen werden.

Dabei darf entlang des Einlaufzylinders kein Durchmesser um mehr als 0,4 % vom Wert des mittleren Durchmessers abweichen. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn die Längendifferenz aller gemessenen Durchmesser mit der besagten Anforderung im Hinblick auf den Mittelwert der gemessenen Durchmesser übereinstimmt.



Legende

- 1 Einlaufzylinder A
- 2 sich konisch verengender Abschnitt B
- 3 zylindrischer Halsteil C
- 4 sich konisch erweiternder Abschnitt E
- 5 Anslussebenen
- 6 Plus-Druckentnahme(n)
- 7 Druckentnahme(n) im Halsteil

- a Strömung.
- b $7^\circ \leq \varphi \leq 15^\circ$.
- c Siehe 5.4.7.

Bild 1 — Geometrisches Profil des klassischen Venturirohres

5.2.3 Sich verengender Abschnitt

Der sich verengende Abschnitt B muss kegelförmig sein und muss für alle Arten klassischer Venturirohre einen Öffnungswinkel von $21^\circ \pm 1^\circ$ aufweisen. Am Einlauf wird er begrenzt durch die Ebene, die den Schnittpunkt des Kegelstumpfes B mit dem Einlaufzylinder A (oder deren Verlängerungen) enthält, und am Auslauf durch die Ebene, die den Schnittpunkt des Kegelstumpfes B mit dem Halsteil C (oder deren Verlängerungen) enthält.

Die Gesamtlänge des sich verengenden Abschnitts B, parallel zur Mittellinie des Venturirohres gemessen, beträgt daher annähernd $2,7(D - d)$.

Der sich verengende Abschnitt B geht in den Einlaufzylinder A mit einem Krümmungsradius R_1 über, dessen Wert von der Bauart des klassischen Venturirohres abhängt.

Das Profil des sich verengenden Abschnitts muss überprüft werden. Die größte Abweichung des sich verengenden Abschnitts darf an keiner Stelle $0,004D$ überschreiten.

Die innere Oberfläche des kegeligen Teils des sich verengenden Abschnitts wird als Rotationsfläche angenommen, wenn zwei Durchmesser, die in der gleichen Ebene senkrecht zur Drehachse liegen, um nicht mehr als 0,4 % vom Wert des mittleren Durchmessers abweichen.

Auf gleiche Weise muss überprüft werden, ob die Übergangskrümmung mit einem Radius R_1 eine Rotationsfläche ist.

5.2.4 Halsteil

Der Halsteil C muss zylindrisch sein und einen Durchmesser d aufweisen. Stromaufwärts wird er begrenzt durch die Ebene, die den Schnittpunkt des Kegelstumpfes B mit dem Halsteil C (oder deren Verlängerungen) enthält, und stromabwärts durch die Ebene, die den Schnittpunkt des Halsteiles C mit dem Kegelstumpf E (oder deren Verlängerungen) enthält. Die Länge des Halsteiles C, d. h., der Abstand zwischen diesen beiden Ebenen, muss unabhängig von der Art des klassischen Venturirohres, gleich $d \pm 0,03d$ sein.

Der Halsteil C ist mit dem sich verengenden Abschnitt B durch eine Krümmung mit dem Radius R_2 verbunden, und geht in den sich erweiternden Abschnitt E unter einer Krümmung mit dem Radius R_3 über. Die Werte von R_2 und R_3 hängen von der Art des klassischen Venturirohres ab.

Der Durchmesser d muss in der Ebene der Druckentnahme(n) im Halsteil sehr sorgfältig gemessen werden. Die Anzahl der Messungen muss mindestens vier betragen, von denen eine in der Nähe jeder Druckentnahme durchzuführen ist. Der arithmetische Mittelwert all dieser Messungen muss in die Berechnungen als Wert von d eingehen.

Durchmesser müssen auch in anderen Ebenen als der Ebene der Druckentnahme(n) gemessen werden.

Dabei darf entlang des Halsteiles kein Durchmesser um mehr als 0,1 % vom Wert des mittleren Durchmessers abweichen. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn die Längendifferenz aller gemessenen Durchmesser mit der besagten Anforderung im Hinblick auf den Mittelwert der gemessenen Durchmesser übereinstimmt.

Der Halsteil des klassischen Venturirohres muss maschinell bearbeitet werden oder seine Glätte muss über seine gesamte Länge der Oberflächenrauheit nach 5.2.7 entsprechen.

Es muss überprüft werden, ob die Übergänge in den Halsteil mit den Radien R_2 und R_3 für die Krümmung, Rotationsflächen wie in 5.2.3 beschrieben sind. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn zwei Durchmesser, die in derselben Ebene senkrecht zur Drehachse liegen, um nicht mehr als 0,1 % vom Wert des mittleren Durchmessers abweichen.

Die Werte der Krümmungsradien R_2 und R_3 müssen überprüft werden. Die Abweichung muss bei jeder Krümmung symmetrisch sein, so dass die größte gemessene Abweichung etwa in der Mitte entlang des Profils auftritt. Der Wert dieser größten Abweichung darf $0,02d$ nicht überschreiten.

5.2.5 Sich erweiternder Abschnitt

Der sich erweiternde Abschnitt E muss kegelförmig sein und darf einen Öffnungswinkel φ zwischen 7° und 15° aufweisen. Für Anwendungen mit geringem Druckverlust wird empfohlen, einen Winkel zwischen 7° und 8° zu wählen. Sein kleinster Durchmesser darf nicht kleiner als der Durchmesser des Halsteiles sein.

5.2.6 Verkürztes Venturirohr

Ein klassisches Venturirohr wird als „verkürzt“ bezeichnet, wenn der Durchmesser am Austritt des Diffusors kleiner ist als der Durchmesser D , und als „nicht verkürzt“, wenn der Durchmesser am Austritt des Diffusors gleich dem Durchmesser D ist. Der Diffusorteil darf am Ende um etwa 35 % seiner Länge verkürzt werden, ohne dass sich dadurch der Druckverlust des Gerätes oder dessen Durchflusskoeffizient wesentlich verändert.

5.2.7 Rauheit

Der arithmetische Mittenrauwert R_a des Halsteiles und der anschließenden Krümmung muss so klein wie möglich sein, und muss dabei stets kleiner als $10^{-4}d$ sein. Die Innenfläche des sich erweiternden Abschnitts muss sauber und glatt sein. Für andere Teile des klassischen Venturirohres gibt es in Abhängigkeit von der betrachteten Bauart festgelegte Rauheitsgrenzen.

5.2.8 Klassisches Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus

Das Profil des klassischen Venturirohres mit einem „gussrauhem“ Einlaufkonus hat die folgenden Merkmale.

Die Innenfläche des Einlaufkonusses B ist mittels Sandgießen hergestellt. Sie muss frei von Rissen, Sprüngen, Dellen, Unregelmäßigkeiten und Unreinheiten sein. Der arithmetische Mittenrauwert R_a für die Oberfläche muss kleiner als $10^{-4}D$ sein.

Die Mindestlänge des Einlaufzylinders A muss gleich dem kleineren der beiden folgenden Werte sein:

- D ; oder
- $0,25D + 250$ mm (siehe 5.2.2).

Die Innenfläche des Einlaufzylinders A darf „gussrauh“ belassen werden, sofern sie die gleiche Oberflächenbeschaffenheit wie der Einlaufkonus B aufweist.

Der Krümmungsradius R_1 muss $1,375D \pm 0,275D$ sein.

Der Krümmungsradius R_2 muss $3,625d \pm 0,125d$ sein.

Die Länge des zylindrischen Abschnittes des Halsteiles darf nicht kleiner als $d/3$ sein. Außerdem dürfen sowohl die Länge des zylindrischen Teiles, der zwischen dem Ende der Übergangskrümmung R_2 und der Ebene der Druckentnahmen liegt, als auch die Länge des zylindrischen Teiles zwischen der Ebene der Druckentnahmen des Halsteiles und dem Anfang des Übergangs mit dem Krümmungsradius R_3 nicht kleiner als $d/6$ sein (siehe auch 5.2.4 für die Länge des Halsteiles).

Der Krümmungsradius R_2 muss zwischen $5d$ und $15d$ liegen. Sein Wert muss mit abnehmendem Öffnungswinkel zunehmen. Ein Wert nahe $10d$ wird empfohlen.

5.2.9 Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus

Das Profil des klassischen Venturirohres mit bearbeitetem Einlaufkonus hat die folgenden Merkmale.

Die Mindestlänge des Einlaufzylinders A muss D entsprechen.

Der Krümmungsradius R_1 muss kleiner als $0,25D$ und vorzugsweise gleich null sein.

Der Krümmungsradius R_2 muss kleiner als $0,25d$ und vorzugsweise gleich null sein.

Die Länge des zylindrischen Abschnittes des Halsteiles zwischen dem Ende der Krümmung R_2 und der Ebene der Druckentnahmen im Halsteil darf nicht kleiner als $0,25d$ sein.

Die Länge des zylindrischen Abschnittes des Halsteiles zwischen der Ebene der Druckentnahmen im Halsteil und dem Anfang der Übergangskrümmung R_3 darf nicht kleiner als $0,3d$ sein.

Der Krümmungsradius R_3 muss kleiner als $0,25d$ und vorzugsweise gleich null sein.

Der Einlaufzylinder und der Einlaufkonus müssen die gleiche Oberflächengüte wie der Halsteil aufweisen (siehe 5.2.7).

5.2.10 Klassisches Venturirohr mit gefertigtem Einlaufkonus

Das Profil des klassischen Venturirohres mit gefertigtem Einlaufkonus hat die folgenden Merkmale.

Die Mindestlänge des Einlaufzylinders A muss D entsprechen.

Zwischen dem Einlaufzylinder A und dem Einlaufkonus B darf keine Übergangskrümmung, außer der durch das Schweißen bedingten, vorhanden sein.

Zwischen dem Einlaufkonus B und dem Halsteil C darf keine Übergangskrümmung, außer der durch das Schweißen bedingten, vorhanden sein.

Zwischen dem Halsteil C und dem Diffusor E darf keine Übergangskrümmung vorhanden sein.

Die Innenfläche des Einlaufzylinders A und des Einlaufkonusses B muss sauber und frei von Verkrustungen und Schweißrückständen sein. Sie darf galvanisiert sein. Ihr arithmetischer Mittenrauwert R_a muss etwa $5 \times 10^{-4}D$ betragen.

Die Schweißnähte an der Innenfläche müssen eben in die umgebenden Oberflächen übergehen. Sie dürfen sich nicht in der Nähe der Druckentnahmen befinden.

5.3 Werkstoff und Herstellung

5.3.1 Das klassische Venturirohr darf aus jedem Werkstoff hergestellt werden, vorausgesetzt, es entspricht der vorstehenden Beschreibung und bleibt während des Gebrauchs unverändert.

5.3.2 Es wird auch empfohlen, den Einlaufkonus B und den Halsteil C zu einem Teil zusammenzubauen. Bei einem klassischen Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus wird empfohlen, den Halsteil und den sich verengenden Abschnitt aus einem Stück herzustellen. Falls dies jedoch aus zwei gesonderten Teilen hergestellt wird, muss deren Zusammenbau vor der Endbearbeitung der Innenfläche erfolgen.

5.3.3 Besondere Sorgfalt ist dem Zentrieren des Diffusors E am Halsteil zu widmen. Es darf kein Durchmessersprung zwischen den beiden Teilen vorhanden sein.

Dies kann durch eine physische Überprüfung bevor das klassische Venturirohr eingebaut wird, aber nachdem der Diffusor mit dem Halsteil zusammengebaut wurde, geprüft werden.

5.4 Druckentnahmen

5.4.1 Die Plusdruckentnahmen und Druckentnahmen im Halsteil müssen in der Rohrwand als Einzel-Druckentnahmen ausgeführt werden.

In jeder Ebene sind eine oder mehrere Druckentnahme(n) zulässig. Mehrere Druckentnahmen in der gleichen Ebene dürfen durch Ringkammern, Ringleitungen oder, wenn vier Druckentnahmen vorhanden sind, als „Triple-T“-Anordnung (siehe ISO 5167-1:20xx, 5.4.3) miteinander verbunden werden.

5.4.2 Wenn d größer als oder gleich 33,3 mm ist, muss der Durchmesser dieser Druckentnahmen zwischen 4 mm und 10 mm liegen, und darf darüber hinaus bei der/den Plus-Druckentnahme(n) niemals größer als $0,1D$ und bei der/den Druckentnahme(n) im Halsteil niemals größer als $0,13d$ sein.

Ist d kleiner als 33,3 mm, muss der Durchmesser der Druckentnahme(n) im Halsteil zwischen $0,1d$ und $0,13d$ liegen und der Durchmesser der Plus-Druckentnahme(n) muss zwischen $0,1d$ und $0,1D$ liegen.

Es wird empfohlen, die Druckentnahmen so klein auszuführen, wie es das zu verwendende Fluid (beispielsweise aufgrund seiner Viskosität und Reinheit) erlaubt.

5.4.3 Die Mittellinien der Druckentnahmen müssen die Mittellinie des klassischen Venturirohres treffen und jeweils in Ebenen senkrecht zur Mittellinie des klassischen Venturirohres liegen.

Wenn mehrere miteinander verbundene Druckentnahmen verwendet werden, müssen diese gleichmäßig um den Querschnitt des Rohres verteilt werden.

5.4.4 Am Ort ihres Durchtritts aus der Rohrwand muss die Druckentnahmeöffnung rund sein. Da kleine Bohrgrate oder ein Span zu beträchtlichen Änderungen des Wirkdrucks führen können, ist es entscheidend, dass die Kanten der Druckentnahmen bündig mit der Rohrwand abschließen und frei von jeglichen Bohrgraten sind. Falls Übergangskrümmungen erforderlich sind, darf der Radius ein Zehntel des Durchmessers der Druckentnahme nicht überschreiten.

5.4.5 Gemessen von der Innenwand der Rohrleitung, müssen die Druckentnahmen über eine Länge von mindestens dem 2,5fachen Innendurchmesser der Bohrung zylindrisch sein.

5.4.6 Die Übereinstimmung der Druckentnahmen mit den beiden vorhergehenden Anforderungen wird anhand einer physischen Überprüfung bewertet.

5.4.7 Der Abstand einer Druckentnahme ist der auf einer geraden Linie parallel zur Mittellinie des klassischen Venturirohres gemessene Abstand zwischen der Mittelachse der Druckentnahme und den nachstehend festgelegten Bezugsebenen.

Beim klassischen Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus muss der Abstand zwischen den Plus-Druckentnahmen am Einlaufzylinder und der Schnittebene der Verlängerungen des Einlaufzylinders A mit dem sich verengenden Abschnitt B wie folgt sein:

— $0,5D \pm 0,25D$ für $100 \text{ mm} < D < 150 \text{ mm}$; und

— $0,5D_{-0,25D}^0$ für $150 \text{ mm} < D < 800 \text{ mm}$.

Bei klassischen Venturirohren mit bearbeitetem Einlaufkonus und mit gefertigtem Einlaufkonus muss der Abstand zwischen den Plus-Druckentnahmen und der Schnittebene des Einlaufzylinders A mit dem Einlaufkonus B (oder deren Verlängerungen) wie folgt sein:

$$0,5D \pm 0,05D$$

Bei allen Arten klassischer Venturirohre muss der Abstand zwischen der Ebene, die die Achsen der Durchbruchstellen der Druckentnahmen im Halsteil enthält, und der Schnittebene des Einlaufkonusses B mit dem Halsteil C (oder deren Verlängerungen) wie folgt sein:

$$0,5d \pm 0,02d$$

5.4.8 Die innere Querschnittsfläche der Ringkammer der Druckentnahmen muss mindestens der halben Gesamtfläche der Entnahmeöffnungen, welche die Ringkammer mit dem Rohr verbinden, entsprechen.

Es wird jedoch empfohlen, den vorstehend genannten Ringkammer-Querschnitt zu verdoppeln, wenn das klassische Venturirohr stromaufwärts vor einer Einbaustörung, die zu einer unsymmetrischen Strömung führt, mit einer geringstmöglichen geraden Einlaufstrecke verwendet wird.

5.5 Durchflusskoeffizient C

5.5.1 Anwendungsgrenzen

Unabhängig von der Art des klassischen Venturirohres muss die gleichzeitige Anwendung von extremen Werten für D , β und Re_D vermieden werden, da sonst die in 5.7 angegebenen Unsicherheiten wahrscheinlich ansteigen.

Für Einbauverhältnisse außerhalb der in 5.5.2, 5.5.3 und 5.5.4 für D , β und Re_D festgelegten Grenzen, bleibt es erforderlich, das Primärelement gesondert über seinen Reynoldszahl-Bereich während des Einsatzes zu kalibrieren.

Die Wirkungen von Re_D , Ra/D und β auf C sind noch nicht hinreichend bekannt, als dass es möglich wäre, zuverlässige Werte von C außerhalb der Grenzen anzugeben, die für jede Art von klassischen Venturirohren festgelegt sind. (Siehe Anhang B).

5.5.2 Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit „gussrauhem“ Einlaufkonus

Klassische Venturirohre mit „gussrauhem Einlaufkonus“ können nur nach diesem Teil von ISO 5167 verwendet werden, wenn

$$100 \text{ mm} \leq D \leq 800 \text{ mm}$$

$$0,3 \leq \beta \leq 0,75$$

$$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$$

Unter diesen Bedingungen beträgt der Wert des Durchflusskoeffizienten C

$$C = 0,984$$

5.5.3 Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit bearbeitetem Einlaufkonus

Klassische Venturirohre mit bearbeitetem Einlaufkonus können nur nach diesem Teil von ISO 5167 verwendet werden, wenn

$$50 \text{ mm} \leq D \leq 350 \text{ mm}$$

$$0,4 \leq \beta \leq 0,75$$

$$2 \times 10^5 \leq Re_D$$

Unter diesen Bedingungen beträgt der Wert des Durchflusskoeffizienten C

$$C = 0,995 \text{ für } 2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 10^6$$

$$C = 1,000 \text{ für } 10^6 < Re_D$$

5.5.4 Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit gefertigtem Einlaufkonus

Klassische Venturirohre mit gefertigtem Einlaufkonus können nur nach diesem Teil von ISO 5167 verwendet werden, wenn

$$200 \text{ mm} \leq D \leq 1\,200 \text{ mm}$$

$$0,4 \leq \beta \leq 0,7$$

$$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$$

Unter diesen Bedingungen beträgt der Wert des Durchflusskoeffizienten C

$$C = 0,985$$

5.6 Expansionszahl ε

Die Expansionszahl ε wird nach Gleichung (2) berechnet:

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

Gleichung (2) ist nur anwendbar, wenn $p_2/p_1 \geq 0,75$ ist, und nur für Werte von β , D und Re_D , die wie jeweils zutreffend, in 5.5.2, 5.5.3 oder 5.5.4 festgelegt sind.

Werte für die Expansionszahl für einen Bereich von Isentropenexponenten, Druckverhältnissen und Durchmesser-Verhältnissen sind zur bequemen Handhabung in Tabelle A.1 angegeben. Diese Werte sind nicht für genaue Interpolationen vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.

5.7 Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C

ANMERKUNG In dieser Norm wird die Unsicherheit durchweg bei einem Vertrauensniveau von 95% angegeben.

5.7.1 Klassisches Venturirohr mit „gussrauhem“ Einlaufkonus

Die relative Unsicherheit des in 5.5.2 angegebenen Durchflusskoeffizienten beträgt 0,7 %.

5.7.2 Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus

Die relative Unsicherheit des in 5.5.3 angegebenen Durchflusskoeffizienten beträgt

$$1 \% \text{ für } 2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 10^6$$

$$1,8 \% \text{ für } 10^6 < Re_D$$

5.7.3 Klassisches Venturirohr mit gefertigtem Einlaufkonus

Die relative Unsicherheit des in 5.5.4 angegebenen Durchflusskoeffizienten beträgt 1,5 %.

5.8 Unsicherheit der Expansionszahl ε

Die relative Unsicherheit von ε beträgt

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

5.9 Druckverlust

5.9.1 Definition des Druckverlustes (siehe Bild 2)

Der durch ein klassisches Venturirohr erzeugte Druckverlust darf durch Druckmessungen bestimmt werden, die vor und nach dem Einbau des Venturirohres in ein Rohr mit bestimmtem Durchfluss vorgenommen werden.

Ist $\Delta p'$ die Druckdifferenz, die vor dem Einbau des Venturirohres zwischen zwei Druckentnahmen gemessen wird, von denen eine mindestens $1D$ stromaufwärts der Flansche, wo das Venturirohr eingesetzt wird, und die andere $6D$ stromabwärts der gleichen Flansche liegt, und ist $\Delta p''$ die zwischen den gleichen Druckentnahmestellen nach dem Einbau des Venturirohres gemessene Druckdifferenz zwischen diesen Flanschen, so ist der durch das Venturirohr verursachte Druckverlust durch $\Delta p'' - p'$ gegeben.

5.9.2 Relativer Druckverlust

Der relative Druckverlust ξ ist das Verhältnis des Druckverlustes $\Delta p'' - p'$ zum Wirkdruck Δp :

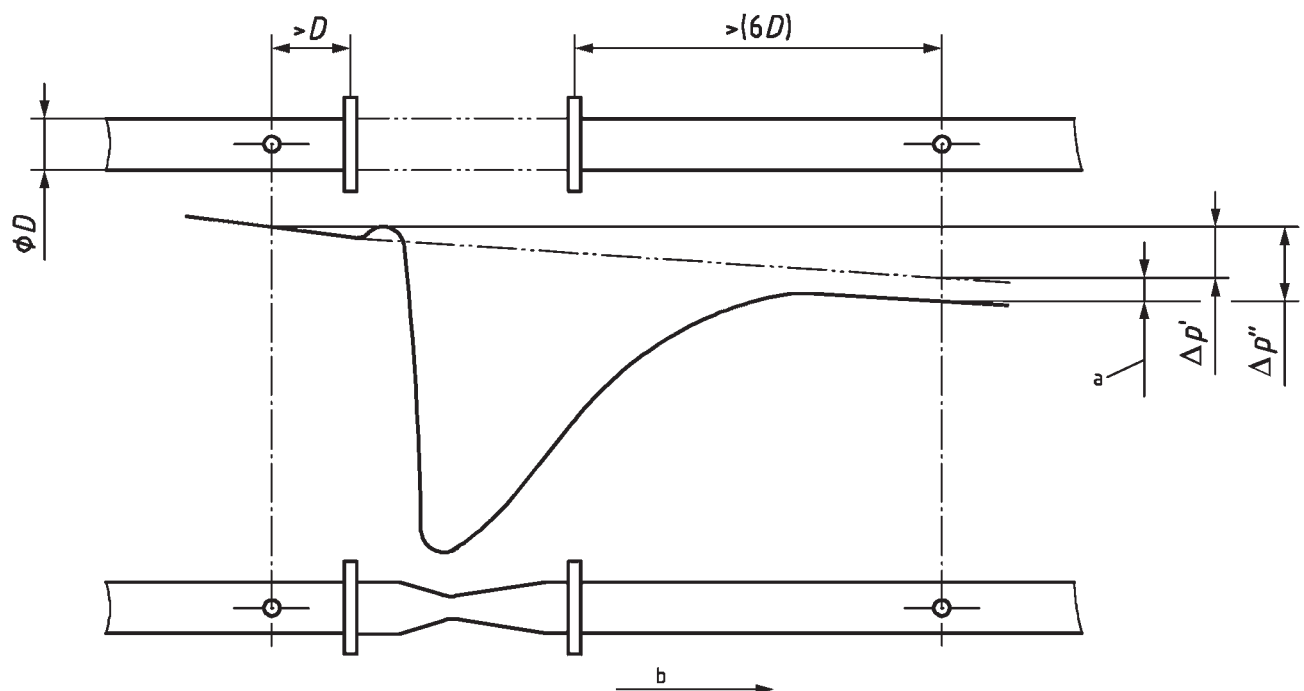
$$\xi = \frac{\Delta p'' - \Delta p'}{\Delta p}$$

Er hängt insbesondere ab von

- dem Durchmesser Verhältnis (ξ neigt dazu, bei steigendem β abzunehmen);
- der Reynolds-Zahl (ξ neigt dazu abzunehmen, wenn Re_D zunimmt);
- den Merkmalen der Herstellung des Venturirohres: Öffnungswinkel des Diffusors, Herstellungsart des Einlaufkonusses, Oberflächenzustand der verschiedenen Teile usw. (ξ neigt dazu zuzunehmen, wenn φ und Ra/D zunehmen);
- den Einbaubedingungen (gute Ausrichtung, Rauheit der Leitung im Einlauf, usw.).

Als Leitlinie kann der Wert des relativen Druckverlustes als allgemein zwischen 5 % und 20 % liegend angenommen werden.

Anhang C gibt nur als Anleitung einige Informationen über die Auswirkung, die diese unterschiedlichen Faktoren auf die Werte des Druckverlustes ξ wahrscheinlich haben.



- a Druckverlust.
b Strömungsrichtung.

Bild 2 — Druckverlust eines klassischen Venturirohres