

# Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt

Teil 4: Venturirohre  
(ISO/DIS 5167-4:2000)  
Deutsche Fassung prEN ISO 5167-4:2000

**DIN****EN ISO 5167-4**

ICS 17.120.10

Einsprüche bis 2000-12-31

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full –  
Part 4: Venturi tube (ISO/DIS 5167-4:2000);  
German version prEN ISO 5167-4:2000

Vorgesehen mit  
E DIN EN ISO 5167-1:2000-10,  
E DIN EN ISO 5167-2:2000-10  
und  
E DIN EN ISO 5167-3:2000-10,  
als Ersatz für  
DIN EN ISO 5167-1:1995-11  
und  
DIN EN ISO 5167-1/A1:1998-06

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire –  
Partie 4: Tube de Venturi (ISO/DIS 5167-4:2000);  
Version allemande prEN ISO 5167-4:2000

## Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) – Druck, Durchfluss, Temperatur – im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 10722 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin)

## Nationales Vorwort

Dieser Europäische Norm-Entwurf, Teil 4: "Venturirohre", der Reihe EN ISO 5167 für die Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt, wurde auf der Grundlage des internationalen Norm-Entwurfes ISO/DIS 5167-1:2000 erstellt, der im ISO/TC 30/SC 2 "Drosselgeräte" unter Beteiligung deutscher Experten des nationalen Spiegelgremiums NATG-D.2-VDI/GMA 2.41 erarbeitet.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 4006      siehe DIN EN 24006

## Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5167-1:1995-11 und DIN EN ISO 5167-1/A1:1998-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Teil 1 enthält nur noch die allgemeinen Festlegungen für alle Drosselgeräte sowie für Strömungsgleichrichter und -umformer, wobei die speziellen Festlegungen für bestimmte Drosselgeräte in Teil 2 "Blenden", Teil 3 "Düsen und Venturidüsen" und in Teil 4 "Venturirohre" festgelegt wurden;
- Die Einlauflängen wurden geändert.

Fortsetzung Seite 2  
und 24 Seiten prEN

Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) — Druck, Durchfluss, Temperatur — im DIN  
Deutsches Institut für Normung e.V.

**Nationaler Anhang NA**  
(informativ)

**Literaturhinweise**

DIN EN 24006, *Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen (ISO 4006:1991); Deutsche Fassung EN 24006:1993.*

ICS 17.120.10

**Deutsche Fassung**

**Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten  
in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt  
Teil 4: Venturirohre  
(ISO/DIS 5167-4: 2000)**

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: 2000)

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils  
déprimogènes insérés dans des conduites en charge  
de section circulaire – Partie 4: Tube de Venturi  
(ISO/DIS 5167-4: 2000)

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Der Text dieses Norm-Entwurfes umfasst den Text der ISO

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen diese Änderung in der betreffenden nationalen Norm, ohne jede Änderung, einzuführen ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Änderung besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

**CEN**

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel**

## Inhalt

Seite

### Vorwort

|          |                                                                                                                                      |  |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 1        | Anwendungsbereich .....                                                                                                              |  |
| 2        | Normative Verweisungen und Definitionen .....                                                                                        |  |
| 3        | Messprinzip und Berechnungsverfahren .....                                                                                           |  |
| 4        | Klassische Venturirohre .....                                                                                                        |  |
| 4.1      | Anwendungsbereich .....                                                                                                              |  |
| 4.1.1    | Klassisches Venturirohr mit gussrauhem Einlaufkonus .....                                                                            |  |
| 4.1.2    | Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus .....                                                                          |  |
| 4.1.3    | Klassisches Venturirohr mit rauhem, aus Stahlblech geschweißtem Einlaufkonus .....                                                   |  |
| 4.2      | Allgemeine Beschreibung der Form .....                                                                                               |  |
| 4.3      | Werkstoff und Herstellung .....                                                                                                      |  |
| 4.4      | Druckentnahmen .....                                                                                                                 |  |
| 4.5      | Durchflusskoeffizient C .....                                                                                                        |  |
| 4.5.1    | Anwendungsgrenzen .....                                                                                                              |  |
| 4.5.2    | Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit gussrauhem Einlaufkonus .....                                                |  |
| 4.5.3    | Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit bearbeitetem Einlaufkonus .....                                              |  |
| 4.5.4    | Durchflusskoeffizient des klassischen Venturirohres mit rauhem, aus Stahlblech geschweißtem Einlaufkonus .....                       |  |
| 4.6      | Expansionszahl $\epsilon$ .....                                                                                                      |  |
| 4.7      | Unsicherheiten des Durchflusskoeffizienten C .....                                                                                   |  |
| 4.7.1    | Klassisches Venturirohr mit gussrauhem Einlaufkonus .....                                                                            |  |
| 4.7.2    | Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus .....                                                                          |  |
| 4.7.3    | Klassisches Venturirohr mit rauhem, aus Stahlblech geschweißtem Einlaufkonus .....                                                   |  |
| 4.8      | Unsicherheit der Expansionszahl $\epsilon$ .....                                                                                     |  |
| 4.9      | Druckverlust .....                                                                                                                   |  |
| 4.9.1    | Definition des Druckverlustes (siehe Bild 2) .....                                                                                   |  |
| 4.9.2    | Relativer Druckverlust .....                                                                                                         |  |
| 5        | Anforderungen an den Einbau .....                                                                                                    |  |
| 5.1      | Allgemeines .....                                                                                                                    |  |
|          | Erforderliche störungsfreie gerade Rohrstrecken im Ein- und Auslauf zwischen verschiedenen Einbaustörungen und dem Venturirohr ..... |  |
| 5.3      | Strömungsgleichrichter .....                                                                                                         |  |
| 5.4      | Zusätzliche Anforderungen an den Einbau von klassischen Venturirohren .....                                                          |  |
| 5.4.1    | Rundheit des Rohres .....                                                                                                            |  |
| 5.4.2    | Rauheit der Rohrstrecke im Einlauf .....                                                                                             |  |
| 5.4.3    | Ausrichtung des klassischen Venturirohres .....                                                                                      |  |
| Anhang A | (informativ) Tabelle für die Expansionszahl $\epsilon$ .....                                                                         |  |
| Anhang B | (informativ) Verwendung von klassischen Venturirohren ausserhalb des Anwendungsbereiches von ISO 5167-4 .....                        |  |
| Anhang C | (informativ) Druckverlust in einem klassischen Venturirohr .....                                                                     |  |
| Anhang D | (informativ) Literaturverzeichnis .....                                                                                              |  |

## Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedskörperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitgliedskörperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Die ISO arbeitet bei allen Angelegenheiten der elektrotechnischen Normung eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Regeln der ISO/IEC-Richtlinien, Teil 3, erarbeitet.

Die von den Technischen Komitees verabschiedeten internationalen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedskörperschaften zur Abstimmung vorgelegt. Die Veröffentlichung als Internationale Norm erfordert Zustimmung von mindestens 75 % der abstimmenden Körperschaften.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit besteht, dass einige Elemente dieses Teiles von ISO 5167 Gegenstand von Patentrechten sein können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezügliche Patentrechte zu identifizieren.

Die Internationale Norm ISO 5761-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30, Unterkomitee SC 2 erarbeitet.

ISO 5167-1, ISO 5167-2, ISO 5167-3 und ISO 5167-4 anullieren und ersetzen gemeinsam ISO 5761-1, deren technische Überarbeitung sie darstellen.

ISO 5761 besteht aus folgenden Teilen unter dem Haupttitel "Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt":

- Teil 1: Allgemeines
- Teil 2: Blenden
- Teil 3: Düsen und Venturidüsen
- Teil 4: Venturirohre

## 1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von ISO 5167 werden die Maße und Anwendung (Einbau- und Betriebsbedingungen) von Venturirohren, die in eine voll durchströmte Rohrleitung zur Bestimmung des Durchflusses eingebaut sind, festgelegt.

Er enthält grundlegende Informationen zur Berechnung des Durchflusses und sollte in Verbindung mit den Anforderungen nach ISO 5167-1 angewendet werden, der allgemeine Angaben beinhaltet die auf alle Drosseleräte zutreffen, die von der Norm erfasst sind, wie z. B. Blenden, Düsen, Venturirohre,

Die Norm gilt nur für Venturirohre, in denen die Strömung innerhalb der gesamten Messstrecke im Unterschallbereich liegt und in denen das Fluid einphasig ist. Sie gilt nicht für Messungen bei pulsierenden Strömungen. Zusätzlich darf jedes dieser Drosselgeräte nur innerhalb festgelegter Grenzen für den Rohrdurchmesser und die Reynoldszahl angewendet werden. Daher gilt dieser Teil von ISO 5167 weder für Rohrdurchmesser, die kleiner als 50 mm oder größer als 1200 mm sind, noch für Reynoldszahlen unter  $2 \times 10^5$ .

Dieser Teil von ISO 5167 handelt von den drei Arten von Venturirohren (gussrauhe, bearbeitete und raue aus Stahlblech) d. h., keine Venturidüsen, die sich in Form und in der Lage der Druckentnahmen unterscheiden. Ein Venturirohr ist ein Drosselgerät, bestehend aus einem sich verengendem Einlaufteil, an das sich ein zylindrischer Teil, genannt „Halsteil“ anschliesst und einem konischen Expansionsteil, Diffusor genannt. Wenn der Einlaufkonus einer genormten ISA-1932-Düse entspricht, wird das Drosselgerät Venturidüse genannt. Ist das sich verengende Einlaufteil kegelförmig, wird das Drosselgerät klassisches Venturirohr genannt. Die Unterschiede zwischen den Werten der Unsicherheit für den Durchflusskoeffizienten für die drei Bauarten von klassischen Venturirohren zeigen zum einen die Anzahl der vorliegenden Ergebnisse für jede Bauart des klassischen Venturirohres und zum anderen die mehr oder weniger genaue Definition ihrer geometrischen Profile. Die Werte gründen sich auf Daten, die über viele Jahre gesammelt wurden.

**ANMERKUNG** Zur Zeit wird die Anwendung von Venturirohren bei Hochdruckgasen ( $>10$  bar) untersucht (siehe Literaturhinweise [1], [2], [3]). In vielen Fällen wurden für Venturirohre mit bearbeitetem Einlaufkonus Durchflusskoeffizienten festgestellt, die 2 % oder mehr ausserhalb des in dieser Norm vorhergesagten

Bereichen liegen. Für eine bestmögliche Genauigkeit sollten Venturirohre für die Messung von Gas über den geforderten Durchflussmessbereich kalibriert werden. Bei der Messung von Hochdruck-gas ist die Anwendung einer Einzel-Druckentnahme (oder vielfach von zwei Druckentnahmen in jeder Ebene) nicht ungewöhnlich.

In den USA wird das klassische Venturirohr auch „Herschel-Venturirohr“ genannt.

## 2 Normative Verweisungen und Definitionen

Normative Verweisungen und Definitionen, die in diesem Dokument verwendet werden, sind in Teil 1 von ISO 5167 enthalten, so wie auch die damit verbundenen Symbole und Indizes.

## 3 Messprinzipien und Berechnungsverfahren

Das Messprinzip beruht auf dem Einbau eines Venturirohrs in eine voll durchströmte Rohrleitung. In einem Venturirohr besteht zwischen dem Einlauf und dem Halsteil eine Differenz des statischen Druckes. Wenn ein Venturirohr geometrisch einem anderen gleicht, das direkt kalibriert wurde, sind die Anwendungsbedingungen die gleichen. Der Durchfluss kann aus dem Wirkdruck, den Stoffwerten des Fluids und den Betriebsbedingungen bestimmt werden.

Der Massendurchfluss kann durch die folgende Gleichung bestimmt werden:

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

Die Messunsicherheiten können durch Anwendung der Abschnitt 8 gegebenen Verfahren von ISO 5167-1 berechnet werden.

Entsprechend kann der Volumendurchfluss aus

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

berechnet werden, hierin ist  $\rho$  die Dichte des Fluids bei der Temperatur und dem Druck, auf die das Volumen bezogen wird.

Die Berechnung des Durchflusses als reiner arithmetischer Vorgang wird durch Ersetzen der unterschiedlichen Terme auf der rechten Seite der Grundgleichung (1) durch ihre numerischen Werte erzielt. Die Tabelle A.1 gibt den Expansionsfaktor ( $\epsilon_1$ ) des Venturirohrs an. Dieser ist nicht für genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

**ANMERKUNGEN 1**  $\Delta p$  beschreibt den Differenzdruck, wie in ISO 5167-1 definiert.

**ANMERKUNGEN 2** Die Durchmesser  $d$  und  $D$  in der Gleichung, sind die Werte der Durchmesser unter Betriebsbedingungen. Messungen, die unter anderen Bedingungen durchgeführt werden, sollten jede mögliche Expansion oder Kontraktion des Drosselgerätes und der Rohrleitung mit der Temperatur und dem Druck des Fluids während der Messung berücksichtigen und korrigieren.

**ANMERKUNGEN 3** Es ist notwendig, die Dichte und die Viskosität des Fluids unter Betriebsbedingungen zu kennen. Im Fall eines kompressiblen Fluids ist es ausserdem erforderlich, auch den Isentropenexponenten des Fluids unter Betriebsbedingungen zu kennen.

## 4 Klassische Venturirohre

### 4.1 Anwendungsbereich

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

Bei klassischen Venturirohren gibt es drei Bauarten, die durch die Art der Herstellung der Innenfläche des Einlaufkonus und die Ausführung des Überganges vom Einlaufkonus zum Halsteil gekennzeichnet sind. Diese drei Herstellarten haben etwas unterschiedliche Merkmale und werden in 4.1.1 bis 4.1.3 beschrieben.

**ANMERKUNG** Für jede Bauart gibt es Grenzwerte für die Rohrrauheit und die Reynoldszahlen, die berücksichtigt werden müssen.

#### 4.1.1 Klassisches Venturirohr mit gussrauhem Einlaufkonus

Diese Bauart des klassischen Venturirohres wird durch Gießen in einer Sandform oder nach anderen Verfahren hergestellt, bei denen die Oberfläche des Einlaufkonus ähnlich der des Sandgusses wird. Der Halsteil muss bearbeitet und die Übergänge zwischen den zylindrischen und den konischen Teilen müssen gerundet sein.

Dieses klassische Venturirohr darf in Rohren  $100 \text{ mm} \leq D \leq 800 \text{ mm}$  und bei Durchmesserhältnissen  $0,3 \leq \beta \leq 0,75$  verwendet werden.

#### 4.1.2 Klassisches Venturirohr mit bearbeitetem Einlaufkonus

Diese Bauart des klassischen Venturirohres wird ebenfalls durch Gießen, oder wie in 4.1.1 angegeben, hergestellt, jedoch wird der Einlaufkonus ebenso wie der Halsteil und der Einlaufzylinder bearbeitet. Die Übergänge zwischen den zylindrischen und den konischen Teilen können gerundet sein.

Dieses klassische Venturirohr darf in Rohren  $50 \text{ mm} \leq D \leq 250 \text{ mm}$  und bei Durchmesserhältnissen  $0,4 \leq \beta \leq 0,75$  verwendet werden.

#### 4.1.3 Klassisches Venturirohr mit rauhem, aus Stahlblech geschweisstem Einlaufkonus

Diese Bauart des klassischen Venturirohres wird üblicherweise durch Schweißen hergestellt. Während die größeren Ausführungen unbearbeitet bleiben, falls die in 4.2.3 benötigte Toleranz erreicht wird, wird bei den kleineren Ausführungen der Halsteil bearbeitet.

Dieses klassische Venturirohr darf in Rohren  $200 \text{ mm} \leq D \leq 1200 \text{ mm}$  und bei Durchmesserhältnissen  $0,4 \leq \beta \leq 0,7$  verwendet werden.

### 4.2 Allgemeine Beschreibung der Form

Im Bild 1 ist das klassische Venturirohr im Schnitt dargestellt. Die Buchstaben im Bild 1 gelten für den nachfolgenden Text.

Das klassische Venturirohr besteht aus einem Einlaufzylinder A, an den sich ein Einlaufkonus B, ein zylindrischer Halsteil C und ein konischer Diffusor E anschließen. Die Innenflächen der Bauteile müssen rotationssymmetrisch sein und konzentrisch zur Rohrachse liegen. Die Koaxialität des Einlaufkonus und des zylindrischen Halsteiles sind lediglich einer Sichtprüfung zu unterziehen.

**4.2.1** Der Einlaufzylinder A hat einen Durchmesser  $D$ , der vom Innendurchmesser der Rohrleitung höchstens um  $0,01D$  abweichen darf.

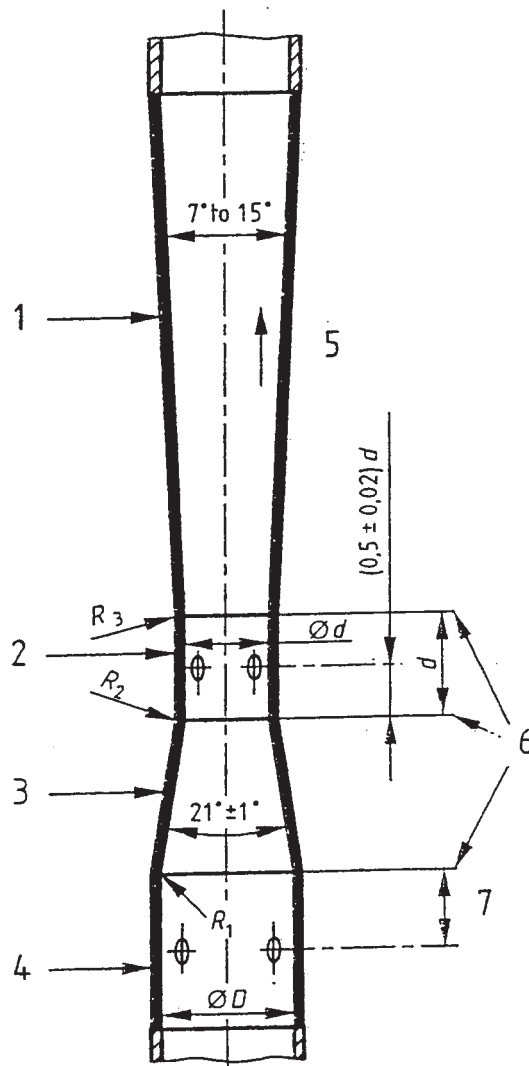
Die Mindestlänge des Einlaufzylinders, gemessen von der Schnittebene des Einlaufkonus B mit dem Einlaufzylinder A, kann je nach Herstellungsweise unterschiedlich sein (siehe 4.2.7 bis 4.2.9). Es wird jedoch die Wahl eine Länge von empfohlen, die gleich  $D$  ist.

Der Durchmesser  $D$  des Einlaufzylinders ist in der Ebene der Plus-Druckentnahmen zu messen. Die Anzahl der Messungen muss wenigstens gleich der Anzahl der Druckentnahmen sein (mindestens vier).

Die Durchmesser müssen nahe jedem Druckentnahmepaar und auch dazwischen gemessen werden. Der Mittelwert dieser Messungen wird als Berechnungswert  $D$  verwendet.

Durchmesser müssen auch in anderen Ebenen als der Ebene mit den Druckentnahmen gemessen werden.

Dabei darf innerhalb des Einlaufzylinders kein Durchmesser um mehr als 0,4 % vom mittleren Durchmesser  $D$  abweichen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn die Längendifferenz der gemessenen Durchmesser mit den Anforderungen im Hinblick auf den Mittelwert der gemessenen Durchmesser übereinstimmt.



- 1 konischer Diffusor E
- 2 zylindrischer Halsteil C
- 3 Einlaufkonus B
- 4 Einlaufzylinder A
- 5 Strömungsrichtung
- 6 Anschlusssebenen
- 7 Siehe 4.4.7

**Bild 1 – Geometrisches Profil des klassischen Venturirohres**

**4.2.2** Der Einlaufkonus B muss kegelförmig sein und für jede Bauart des klassischen Venturirohres einen Öffnungswinkel von  $21^\circ \pm 1^\circ$  haben. Am Einlauf wird er begrenzt durch den Schnitt des Kegelstumpfes B mit dem Einlaufzylinder A (oder deren Verlängerungen) und am Auslauf durch den Schnitt des Kegelstumpfes B mit dem Halsteil C (oder deren Verlängerungen).

Die Gesamtlänge des Einlaufkonus B, parallel zur Symmetrieachse gemessen, beträgt angenähert  $2,7 (D - d)$ .

Der Einlaufkonus B geht in den Einlaufzylinder A mit einem Krümmungsradius  $R$  über, dessen Größe von der Bauart des klassischen Venturirohres abhängt.

Das Profil des Einlaufkonus muss mittels einer Schablone geprüft werden. Die Abweichung zwischen Schablone und konischem Abschnitt des Einlaufkonus darf an keiner Stelle mehr als 0,4 % von  $D$  betragen.

Die innere Oberfläche des kegeligen Abschnittes des Einlaufkonus gilt als Rotationsfläche, wenn zwei Durchmesser, die in gleicher Ebene senkrecht zur Symmetrieachse liegen, um nicht mehr als 0,4 % von ihrem Mittelwert abweichen.