

DIN EN ISO 5167-2



ICS 17.120.10

Ersatzvermerk
siehe unten

**Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt –
Teil 2: Blenden (ISO 5167-2:2003);
Deutsche Fassung EN ISO 5167-2:2003**

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

Part 2: Orifice plates (ISO 5167-2:2003);

German version EN ISO 5167-2:2003

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

Partie 2: Diaphragmes (ISO 5167-2:2003);

Version allemande EN ISO 5167-2:2003

Ersatzvermerk

Mit DIN EN ISO 5167-1:2004-01, DIN EN ISO 5167-3:2004-01 und DIN EN ISO 5167-4:2004-01

Ersatz für DIN EN ISO 5167-1:1995-11 und

mit DIN EN ISO 5167-1:2004-01

Ersatz für DIN EN ISO 5167-1/A1:1998-06

Gesamtumfang 69 Seiten

Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN



Die Europäische Norm EN ISO 5167-2:2003 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm, Teil 2: „Blenden“ der Reihe DIN EN ISO 5167 für die „Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt“, wurde auf der Grundlage der Internationalen Norm ISO 5167-2:2003 erstellt, die im ISO/TC 30/SC 2 „Drosselgeräte“ unter Beteiligung deutscher Experten des nationalen Spiegeltgremiums NATG-D.2-GMA 2.41 erarbeitet wurde.

Die Fußnote h in der Tabelle 3, die für die Bedingungen: $Re_D > 2 \times 10^6$, $\beta = 0,6$ und Zwischenabstand $S < 2$ für den Raumkrümmer eine erforderliche Einlauflänge von $95D$ vorschreibt, basiert auf einer einzigen Messung eines Laboratoriums, siehe Literaturstelle [9]. Daraus eine Forderung abzuleiten — zumal diese Einlauflänge für $\beta = 0,6$ aus den übrigen Werten unerklärlicherweise deutlich herausragt — hielt Deutschland in seiner Stellungnahme zum internationalen Norm-Entwurf ISO/DIS 5167-2 für nicht gerechtfertigt und hatte daher eine Fußnote in Form einer Empfehlung vorgeschlagen. Leider wurde dem Vorschlag nicht stattgegeben.

Die Nachweise der Versuche, dass die in 5.3.3, B.2 und B.3 aufgeführten Strömungsumformer in Bezug auf die Blende und beliebige Störungsverursacher die Zulassungsprüfung nach ISO 5167-1 bestanden haben, sind zu kurzfristig dokumentiert und dem ISO/TC 30/SC 2 zur Kenntnis eingereicht worden. Eine von Deutschland als notwendig erachtete eingehende Diskussion und eine einvernehmliche Verabschiedung in der zuständigen Arbeitsgruppe des ISO/TC 30/SC 2 konnte daher nicht mehr stattfinden. Dieses unübliche Vorgehen bei der Behandlung neuer Sachverhalte lässt Nachbesserungen durchaus als möglich erscheinen.

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

ISO 4006 siehe DIN EN 24006

ISO 5167-1 siehe DIN EN ISO 5167-1

Änderungen

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

- a) Die speziellen Festlegungen für konzentrisch eingebaute Blenden mit abgeschrägter Kante wurden in Teil 2 übernommen.
- b) Inhalte aus DIN EN ISO 5167-1/A1:1998-06, die speziell die Blende betreffen, wie die neue Gleichung für den Durchflusskoeffizienten C (*Reader-Harris/Gallagher*-Gleichung) und die sich aus der Nutzung dieser Gleichung ergebenden Änderungen gegenüber DIN EN ISO 5167-1:1995-11, wurden in diesen Teil 2 übernommen.
- c) Die Gleichung für die Expansionszahl wurde anhand neuerer Messdaten neu aufgestellt.
- d) Wegen der Änderung des thermodynamischen Entspannungsprozesses über die Blende entfällt zukünftig die Möglichkeit, Expansionszahl und Dichte auf den Minusdruck zu beziehen (die entsprechenden Gleichungen in DIN EN ISO 5167-1:1995-11 waren isentrop abgeleitet).
- e) 5.3 enthält die unpatentierten, Anhang B die patentierten Strömungsgleichrichter/-umformer, die, angewendet auf Blenden, die Zulassungsprüfung nach DIN EN ISO 5167-1 bezüglich Anforderungen und Bedingungen bestanden haben. Die resultierenden Einbaubedingungen unabhängig von dem

Störungsverursacher sind dort angegeben. Alle Gleichrichter/Umformer des Teiles 2 führen nunmehr zu einer Verkürzung der Einlaufstrecken gegenüber Tabelle 3.

- f) Die Tabelle 3 der erforderlichen störungsfreien geraden Rohrstrecken nach Einbaustörungen wurde erheblich geändert.
- g) In der Tabelle 4 wurden die erforderlichen störungsfreien geraden Rohrstrecken zwischen einem Rohrbündelgleichrichter und einer Blende erheblich geändert.
- h) Die oberen Grenzwerte für die Oberflächenrauheit R_a in Tabelle 1 wurden gegenüber Tabelle 3 in DIN EN ISO 5167-1:1995-11 grundlegend geändert. Neu aufgenommen wurde Tabelle 2 mit den unteren Grenzwerten.
- i) Die Grenzwerte für die Exzentrizität wurden zum Teil geändert. Es wird gegenüber Tabelle 3 in DIN EN ISO 5167-1:1995-11 zwischen zwei Werten für die Exzentrizität unterschieden, und zwar in eine Komponente parallel und in eine Komponente senkrecht zur Druckentnahmebohrung.

Frühere Ausgaben

DIN 1952: 1932, 1935, 1937, 1943, 1948-11, 1969-05, 1971-08, 1982-07

DIN EN ISO 5167-1: 1995-11

DIN EN ISO 5167-1/A1: 1998-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 24006:1993-08, *Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen; Begriffe und Formelzeichen (ISO 4006:1991); Deutsche Fassung EN 24006:1993.*

DIN EN ISO 5167-1:2004:01, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen (ISO 5167-1:2003); Deutsche Fassung EN ISO 5167-1:2003.*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll
durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt - Teil 2: Blenden
(ISO 5167-2:2003)

Measurement of fluid flow by means of pressure differential
devices inserted in circular cross-section conduits running
full - Part 2: Orifice plates (ISO 5167-2:2003)

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils
déprimogènes insérés dans des conduites en charge de
section circulaire - Partie 2: Diaphragmes
(ISO 5167-2:2003)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 20. Februar 2003 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm 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 Management-Zentrum 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, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, der Slowakischen Republik, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Messprinzip und Berechnungsverfahren	5
5 Blenden	6
5.1 Beschreibung	6
5.2 Druckentnahmen	9
5.3 Koeffizienten von Blenden und zugehörige Messunsicherheiten	13
5.4 Druckverlust Δp	16
6 Anforderungen an den Einbau	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Mindestlängen störungsfreier gerader Rohrstrecken im Ein- und Auslauf zwischen verschiedenen Einbaustörungen und der Blende	18
6.3 Strömungsumformer und Strömungsgleichrichter	23
6.4 Rundheit und Zylinderform des Rohres	32
6.5 Anordnung von Blende und Fassungsringen	33
6.6 Halterungen und Dichtungen	34
Anhang A (informativ) Tabellen der Durchflusskoeffizienten und Expansionszahlen	35
Anhang B (informativ) Strömungsumformer	58
Literaturhinweise	63
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	65

Vorwort

Dieses Dokument EN ISO 5167-2:2003 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Durchflussmessung in geschlossenen Leitungen“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 244 „Durchflussmessung in geschlossenen Leitungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2003 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument zusammen mit EN ISO 5167-1:2003, EN ISO 5167-3:2003 und EN ISO 5167-4:2003 ersetzt EN ISO 5167-1:1995.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 5167-2:2003 wurde vom CEN als EN ISO 5167-2:2003 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind im Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

Einleitung

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

ISO 5167 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 Drosselgerät nur in festgelegten Grenzen für den Rohrdurchmesser und die Reynolds-Zahl benutzt werden.

In ISO 5167 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 gilt nur für Primärgeräte. Sekundärgeräte¹⁾ werden nur bei Bedarf erwähnt.

ISO 5167 besteht aus vier Teilen.

- a) Teil 1 von ISO 5167 enthält allgemeine Angaben wie Begriffe, Symbole, Messprinzipien, Anforderungen und Unsicherheitsangaben, die für alle in den Teilen 2, 3 und 4 von ISO 5167 enthaltenen Primärgeräte zutreffen.
- b) Dieser Teil von ISO 5167 legt Blenden, die mit Eck-Druckentnahmen, D - und $D/2$ -Druckentnahmen²⁾ und mit Flansch-Druckentnahmen angewendet werden können, fest.
- c) Teil 3 von ISO 5167 legt ISA-1932-Düsen³⁾, Langradius-Düsen und Venturidüsen, die sich sowohl in der Form als auch hinsichtlich der Lage der Druckentnahmen voneinander unterscheiden, fest.
- d) Teil 4 von ISO 5167 legt klassische Venturirohre⁴⁾ fest.

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

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 5167 legt die geometrischen Formen und Maße sowie die Anwendung (Einbau- und Betriebsbedingungen) von Blenden, 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.

Das in diesem Teil von ISO 5167 behandelte Primärgerät ist eine Blende mit Flansch-Druckentnahmen, Eck-Druckentnahmen oder D - und $D/2$ -Druckentnahmen. Andere Druckentnahmen, wie z. B. Vena-Contracta- und beliebige Druckentnahmen im Rohr, werden im Zusammenhang mit Blenden zwar verwendet, sind jedoch nicht

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 diesem Teil von ISO 5167 nicht behandelt.

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

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

Gegenstand dieser Norm. Dieser Teil von ISO 5167 gilt nur für eine Strömung, die im gesamten Messquerschnitt im Unterschallbereich liegt und wo das Fluid als einphasig betrachtet werden kann. Dieser Teil von ISO 5167 gilt nicht für Messungen bei pulsierenden Strömungen, für Rohrdurchmesser kleiner als 50 mm oder größer als 1 000 mm und für (rohrbezogene) Reynolds-Zahlen unter 5 000.

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 Dokumentes gelten die in ISO 4006 und in ISO 5167-1 angegebenen Begriffe.

4 Messprinzip und Berechnungsverfahren

Das Messprinzip beruht auf dem Einbau einer Blende in eine voll durchströmte Rohrleitung. Das Vorhandensein der Blende erzeugt eine Differenz der statischen Drücke zwischen Blendeneinlauf (Stirnseite) und -auslauf (Rückseite). Der Massendurchfluss q_m kann durch Gleichung (1) 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 Messunsicherheit des bestimmten Massendurchflusses lässt sich nach dem in ISO 5167-1:2003, Abschnitt 8 beschriebenen Verfahren berechnen.

Der Prozess der Berechnung des Massendurchflusses erfolgt durch Ersetzen der verschiedenen Gleichungselemente im rechten Teil der Gleichung (1) durch ihre numerischen Werte.

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

$$q_V = \frac{q_m}{\rho} \quad (2)$$

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

Wie noch in diesem Teil von ISO 5167 gezeigt wird, ist der Durchflusskoeffizient C abhängig von der Reynolds-Zahl Re , die wiederum eine Funktion von q_m ist und durch Iteration ermittelt werden muss (siehe Anhang A von ISO 5167-1:2003, der einen Leitfaden für die Wahl des Iterationsverfahrens und für eine erste Abschätzung darstellt).

Die in den Gleichungen 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 Blende 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 Blenden

ANMERKUNG 1 Da die verschiedenen Arten der genormten Blenden untereinander ähnlich sind, genügt eine einzige Beschreibung. Die Lage der Druckentnahmen kennzeichnet die Art der genormten Blenden.

ANMERKUNG 2 Die Grenzen für die Anwendung sind in 5.3.1 angegeben.

5.1 Beschreibung

5.1.1 Allgemeines

Bild 1 zeigt eine genormte Blende in Seitenansicht als Schnitt entlang des Rohrquerschnitts.

Die Bezeichnungen im nachstehenden Text beziehen sich auf die Angaben in Bild 1.

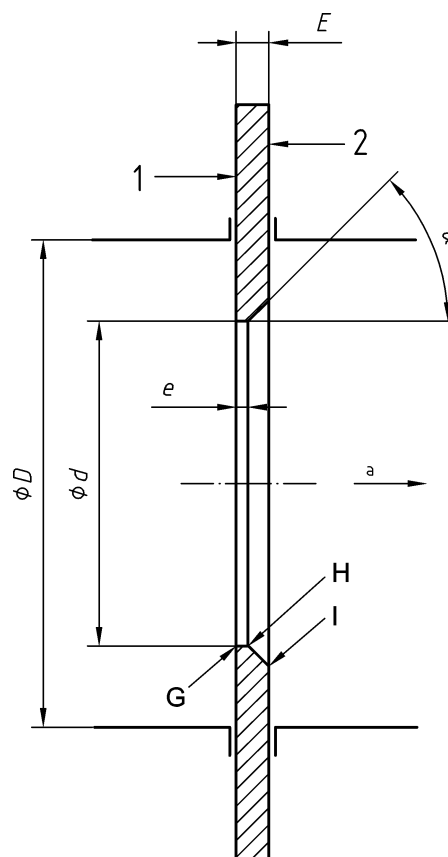
5.1.2 Allgemeine Form

5.1.2.1 Der innerhalb des Rohres liegende Teil der Blende muss kreisförmig und konzentrisch zur Rohrachse sein. Die Stirn- und Rückseite der Blende müssen eben und parallel zueinander sein.

5.1.2.2 Die folgende Beschreibung gilt, wenn nicht anders angegeben ist, nur für den Teil der Blende, der innerhalb des Rohres liegt

5.1.2.3 Bei der Ausführung und beim Einbau der Blende muss darauf geachtet werden, dass plastische oder elastische Verformungen der Blendenscheibe, hervorgerufen durch den Differenzdruck oder durch andere Beanspruchungen, nicht dazu führen, dass die Neigung der in 5.1.3.1 definierten Geraden unter Betriebsbedingungen 1 % überschreitet.

ANMERKUNG Zusätzliche Angaben hierzu finden sich in 8.1.1.3 von ISO/TR 9464:1998.



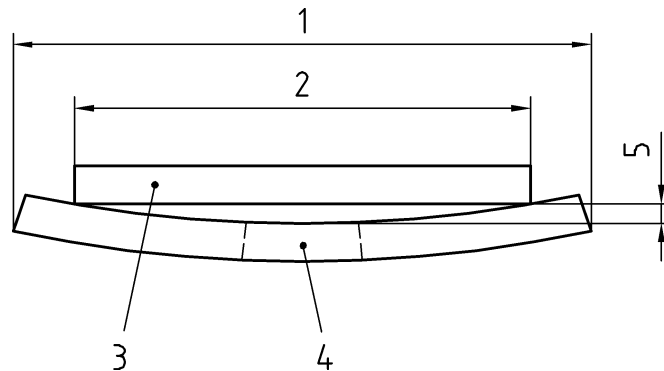
Legende

- 1 Stirnseite A
- 2 Rückseite B
- a Strömungsrichtung

Bild 1 — Genormte Blende

5.1.3 Stirnseite A

5.1.3.1 Die Stirnseite A der Blende muss nach dem Einbau in eine Rohrleitung für einen Differenzdruck 0 eben sein. Für den Fall, dass nachgewiesen werden kann, dass die Blende durch die Art und Weise des Einbaus nicht verformt wird, darf die Ebenheit auch im ausgebauten Zustand geprüft werden. Unter diesen Umständen wird die Blende als eben angesehen, wenn die maximale Lücke zwischen der Blende und einer geraden Kantenlänge D , die über einen beliebigen Durchmesser der Blende gelegt worden ist (siehe Bild 2), kleiner als $0,005 (D - d)/2$ ist, d. h. die Neigung bei der Prüfung der Blende vor dem Einbau in die Messstrecke kleiner als 0,5 % ist. Wie das Bild 2 zeigt, liegt der kritische Bereich unmittelbar im Bereich der Blendenöffnung. Die Einhaltung der Toleranzanforderungen für dieses Maß können durch Fühlerlehren geprüft werden.



Legende

- 1 Außendurchmesser der Blende
- 2 Rohrinneinnendurchmesser (D)
- 3 gerade Kante
- 4 Blende
- 5 Abweichung von der Ebenheit (gemessen an Bohrungskante)

Bild 2 — Messung der Ebenheit der Blende

5.1.3.2 Die Stirnseite der Blende muss innerhalb eines zur Blendenöffnung konzentrischen Kreises mit einem Durchmesser von mindestens D einen arithmetischen Mittenrauhwert $Ra < 10^{-4} d$ aufweisen. In jedem Fall darf die Rauheit der Stirnseite der Blende nicht die Kantenschärfe beeinflussen. Wenn die Blende während des Betriebes die genannten Anforderungen nicht einhält, so muss sie innerhalb eines Durchmessers von mindestens D nachträglich poliert oder gesäubert werden.

5.1.3.3 In den Fällen, in denen es möglich ist, ist eine deutliche, nach Einbau der Blende noch sichtbare Markierung anzubringen, welche die richtige Einbaulage der Blende im Hinblick auf die Strömungsrichtung anzeigt.

5.1.4 Rückseite B

5.1.4.1 Die Rückseite B muss eben und parallel zur Stirnseite sein (siehe auch 5.1.5.4).

5.1.4.2 Obwohl es die Herstellung einer Blende vereinfachen kann, wenn beide Seiten die gleichen Oberflächenqualitäten aufweisen, ist es nicht erforderlich, dass die Rückseite die Oberflächenqualität der Stirnseite aufweist (siehe [1], aber auch 5.1.9).

5.1.4.3 Für die Beurteilung der Ebenheit und der Oberflächenqualität der Rückseite genügt die Sichtprüfung.

5.1.5 Dicke E und Länge e

5.1.5.1 Die Länge e der zylindrischen Blendenöffnung muss zwischen $0,005D$ und $0,02D$ liegen.

5.1.5.2 Die Werte von e , gemessen an beliebiger Stelle der Blendenöffnung, dürfen um nicht mehr als $0,001D$ voneinander abweichen.

5.1.5.3 Die Dicke E der Blendenscheibe muss zwischen e und $0,05D$ liegen.

Im Falle $50 \text{ mm} \leq D \leq 64 \text{ mm}$ ist eine Dicke E bis 3,2 mm zulässig.

Die Anforderungen nach 5.1.2.3 müssen erfüllt werden.

5.1.5.4 Im Fall $D \geq 200 \text{ mm}$ dürfen die Werte von E , gemessen an beliebiger Stelle der Blende, um nicht mehr als $0,001D$ voneinander abweichen. Im Fall $D < 200 \text{ mm}$ dürfen die Werte von E , gemessen an beliebiger Stelle der Blende, um nicht mehr als 0,2 mm voneinander abweichen.

5.1.6 Abschrägwinkel α

5.1.6.1 Überschreitet die Dicke E der Blende die Länge e der Blendenöffnung, dann muss die Blende an der Rückseite abgeschrägt werden. Die Oberfläche der Abschrägung muss glatt sein.

5.1.6.2 Der Abschrägwinkel α muss $45^\circ \pm 15^\circ$ betragen.

5.1.7 Kanten G, H und I

5.1.7.1 Die Einlaufkante G darf keinen Grat und keine Rundung aufweisen.

5.1.7.2 Die Einlaufkante G muss scharf sein. Dies gilt als eingehalten, wenn der Kantenradius nicht größer als $0,0004d$ ist.

Für $d \geq 25 \text{ mm}$ ist diese Bedingung im Allgemeinen erfüllt, wenn mit dem bloßen Auge festgestellt wird, dass die Kante keinen Lichtstrahl reflektiert.

Für $d < 25 \text{ mm}$ ist eine Sichtprüfung nicht ausreichend.

Sofern über die Erfüllung dieser Anforderung Zweifel bestehen, muss der Kantenradius gemessen werden.

5.1.7.3 Die Einlaufkante muss rechteckig sein. Dies gilt als eingehalten, wenn der Winkel zwischen der Blendenöffnung und der Stirnseite der Blendenscheibe $90^\circ \pm 0,3^\circ$ beträgt. Die Blendenöffnung ist der Bereich zwischen den Kanten G und H der Blende.

5.1.7.4 Die Auslaufkanten H und I liegen im Ablösungsbereich der Strömung. Deshalb müssen sie nicht den hohen Anforderungen für die Einlaufkante G genügen. Aus diesem Grunde sind kleine Beschädigungen (z. B. eine einzelne Kerbe) noch zu akzeptieren.

5.1.8 Durchmesser der Blendenöffnung d

5.1.8.1 Der Durchmesser der Blendenöffnung d muss stets gleich oder größer als 12,5 mm sein. Das Durchmesserverhältnis $\beta = d/D$ ist stets $\geq 0,10$ und $\leq 0,75$.

Innerhalb dieser Grenzen ist β durch den Anwender auszuwählen.

5.1.8.2 Der Durchmesser d der Blendenöffnung ist der Mittelwert aus mindestens vier Messungen des Durchmessers, annähernd in gleichen Winkelabständen zueinander. Es ist darauf zu achten, dass die Kante und der zylindrische Teil bei diesen Messungen nicht beschädigt werden.

5.1.8.3 Die Blendenöffnung muss zylindrisch sein.

Kein Durchmesser darf um mehr als 0,05 % vom Mittelwert des Durchmessers abweichen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn keiner der gemessenen Einzeldurchmesser vom Mittelwert des Durchmessers um mehr als oben angegeben abweicht. Die Oberflächenrauheit der zylindrischen Bohrung darf in keinem Fall die Messung der Kantenschärfe beeinträchtigen.

5.1.9 Blenden für wechselnde Strömungsrichtungen

5.1.9.1 Sofern die Blende für Durchflüsse mit wechselnder Strömungsrichtung verwendet wird, gilt Folgendes:

- a) die Blende darf nicht abgeschrägt sein;
- b) beide Seiten der Blende müssen mit der Beschreibung der Stirnseite nach 5.1.3 übereinstimmen;
- c) die Dicke E der Blende muss gleich der Länge e der zylindrischen Blendenöffnung nach 5.1.5 sein; der Wirkdruck muss, um Verformungen zu vermeiden, konsequenterweise begrenzt werden (siehe 5.1.2.3);
- d) die beiden Kanten der Blendenöffnung müssen mit der Beschreibung der Einlaufkante nach 5.1.7 übereinstimmen.

5.1.9.2 Für Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen (siehe 5.2) müssen außerdem je zwei Sätze von Bohrungen für die Plus- und Minus-Druckentnahmen angebracht sein, die je nach Durchflussrichtung sinngemäß zu benutzen sind.

5.1.10 Werkstoff und Herstellung

Die Blende darf aus jedem Material und nach jedem beliebigen Fertigungsverfahren hergestellt werden, sofern sie während der Durchflussmessung mit den vorhergehenden Beschreibungen übereinstimmt.

5.2 Druckentnahmen

5.2.1 Allgemeines

Für jede Blende muss mindestens eine Plus- und eine Minus-Druckentnahme an einer der genormten Stellen als D - und $D/2$ -Druckentnahme, Flansch- oder Eck-Druckentnahme vorhanden sein.

Eine Blende darf mit mehreren Paaren von Druckentnahmen für verschiedene genormte Arten von Blenden ausgerüstet sein. Um jedoch eine gegenseitige Beeinflussung zu verhindern, müssen die verschiedenen Druckentnahmen auf der gleichen Seite der Blende um mindestens 30° versetzt angeordnet sein.

Die Art der genormten Blenden wird durch die Anordnung der Druckentnahmen bestimmt.

5.2.2 Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen oder Blenden mit Flansch-Druckentnahmen

5.2.2.1 Der Abstand l der Druckentnahme ist der Abstand zwischen der Mittellinie der Bohrung für die Druckentnahme und der Ebene der betreffenden Seite der Blende. Beim Anbringen von Druckentnahmen muss die Dicke der Dichtung und des Dichtungsmaterials berücksichtigt werden.

5.2.2.2 Für Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen (siehe Bild 3) ist der Abstand l_1 der Plus-Druckentnahme nominell gleich D und darf ohne Einfluss auf den Durchflusskoeffizienten auch zwischen $0,9D$ und $1,1D$ liegen.

Der Abstand l_2 der Minus-Druckentnahme ist nominell gleich $0,5D$ und darf ohne Einfluss auf den Durchflusskoeffizienten auch zwischen den folgenden Werten liegen:

- zwischen $0,48D$ und $0,52D$ für $\beta \leq 0,6$;
- zwischen $0,49D$ und $0,51D$ für $\beta > 0,6$.

Beide Abstände l_1 und l_2 werden von der Stirnseite der Blende aus gemessen.

5.2.2.3 Für Blenden mit Flansch-Druckentnahmen (siehe Bild 3) ist der Abstand l_1 der Plus-Druckentnahme nominell gleich 25,4 mm, gemessen von der Stirnseite der Blende.

Der Abstand l'_2 der Minus-Druckentnahme, gemessen von der Rückseite der Blende, beträgt nominell 25,4 mm.

Diese Abstände l_1 und l'_2 dürfen zwischen den folgenden Werten liegen, ohne den Durchflusskoeffizienten zu beeinflussen:

- $25,4 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ für $\beta > 0,6$ und $D < 150 \text{ mm}$;
- $25,4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ in allen anderen Fällen, d. h. für $\beta \leq 0,6$ oder für $\beta > 0,6$ und $150 \text{ mm} \leq D \leq 1000 \text{ mm}$.

5.2.2.4 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.

5.2.2.5 Am Ort ihres Durchtritts aus der Rohrwand muss die Entnahmeöffnung rund sein. Ihre Kante muss mit der Rohrinneinnenseite 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. Es dürfen innerhalb der Bohrung für die Druckentnahme, an der Kante der in die Rohrwand gebohrten Entnahmeöffnung und an der Rohrinneinnenseite nahe der Entnahmeöffnung keine Unregelmäßigkeiten vorhanden sein.

5.2.2.6 Für die Beurteilung der Übereinstimmung der Druckentnahmen mit den Anforderungen nach 5.2.2.4 und 5.2.2.5 genügt eine Sichtprüfung.

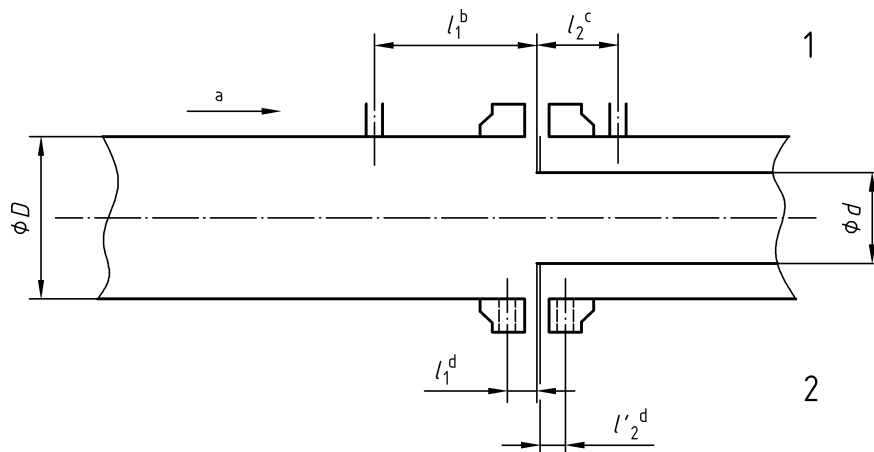
5.2.2.7 Der Durchmesser der Druckentnahmebohrungen muss kleiner als $0,13D$ und kleiner als 13 mm sein.

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

5.2.2.8 Gemessen von der Rohrinneinnenseite, müssen die Bohrungen für die Druckentnahmen über eine Länge von mindestens $2,5 \times$ Bohrungsdurchmesser kreisrund und zylindrisch sein.

5.2.2.9 Die Mittellinien der Druckentnahmebohrungen dürfen in jeder beliebigen axialen Ebene liegen.

5.2.2.10 Die Achsen der Plus- und Minus-Druckentnahmen dürfen in verschiedenen axialen Ebenen liegen. In der Regel liegen sie jedoch in derselben axialen Ebene.



Legende

1 D- und $D/2$ -Druckentnahmen

2 Flansch-Druckentnahmen

a Strömungsrichtung

b $l_1 = D \pm 0,1D$

c $l_2 = \begin{cases} 0,5D \pm 0,02D & \text{für } \beta \leq 0,6 \\ 0,5D \pm 0,01D & \text{für } \beta > 0,6 \end{cases}$

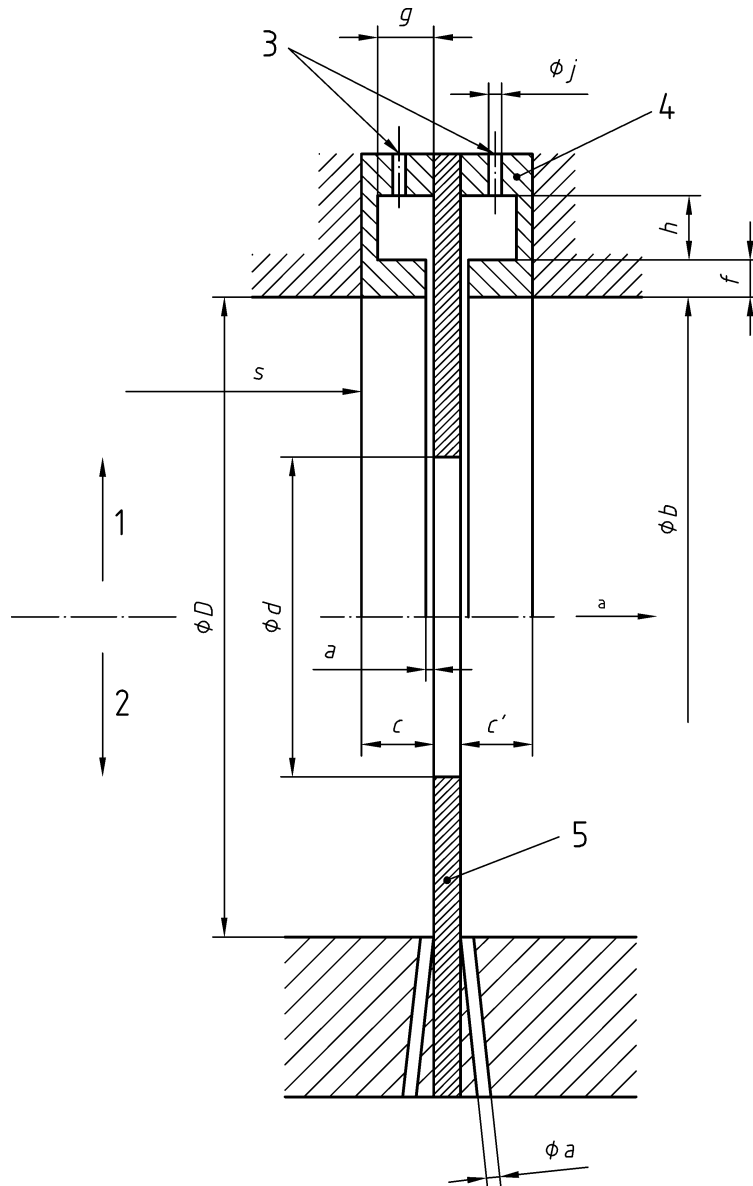
d $l_1 = l_2' = \begin{cases} (25,4 \pm 0,5) \text{ mm} & \text{für } \beta > 0,6 \text{ und } D < 150 \text{ mm} \\ (25,4 \pm 1) \text{ mm} & \text{für } \beta \leq 0,6 \\ (25,4 \pm 1) \text{ mm} & \text{für } \beta > 0,6 \text{ und } 150 \text{ mm} \leq D \leq 1000 \text{ mm} \end{cases}$

Bild 3 — Lage der Druckentnahmen für Blenden mit D- und $D/2$ -Druckentnahmen sowie Flansch-Druckentnahmen

5.2.3 Blenden mit Eck-Druckentnahmen (siehe Bild 4)

5.2.3.1 Der Abstand zwischen der Mittellinie der Bohrung für die Druckentnahme und der Ebene der betreffenden Blendenseite muss gleich dem halben Bohrungsdurchmesser (bei Einzelanbohrung) oder der halben

5.2.3.2 Die Druckentnahmen dürfen entweder Einzel-Druckentnahmen oder ringförmige Schlitze sein. Beide Formen der Druckentnahme dürfen entweder direkt im Rohr, in den Flanschen oder auch in Fassungsringen angebracht werden, wie dies in Bild 4 dargestellt ist.



1	Fassungsring mit ringförmigem Schlitz	f	Schlitztiefe
2	Einzel-Druckentnahmen	c	Breite des Fassungsringes im Einlauf
3	Druckentnahmen	c'	Breite des Fassungsringes im Auslauf
4	Fassungsring	b	Durchmesser des Fassungsringes
5	Blende	a	Schlitzweite oder Durchmesser der Einzel-Druckentnahme
a	Strömungsrichtung	s	Abstand zwischen dem Durchmessersprung stromaufwärts und der Vorderkante des Fassungsringes
		g, h	Maße der Ringkammer
		$\emptyset j$	Durchmesser der Druckentnahme aus der Ringkammer

11

5.2.3.3 Nachfolgend sind der Durchmesser a einer Einzel-Druckentnahme oder die Schlitzweite a angegeben. Der untere Grenzwert für den Durchmesser ist praktisch nur durch die Gefahr einer Verstopfung oder durch unzureichende Dynamik der Druckübertragung bestimmt.

Für saubere Fluide und Dämpfe:

- für $\beta \leq 0,65$: $0,005D \leq a \leq 0,03D$;
- für $\beta > 0,65$: $0,01D \leq a \leq 0,02D$.

Im Falle von $D < 100$ mm ist für a ein Wert bis 2 mm für jeden Wert von β möglich.

Für jeden Wert von β :

- für saubere Fluide: $1 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$;
- für Dämpfe bei Ringkammern: $1 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$;
- für Dämpfe und verflüssigte Gase bei Einzel-Druckentnahmen: $4 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$.

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

5.2.3.5 Bei Einzel-Druckentnahmen nach Bild 4) müssen deren Mittellinien die Rohrachse unter einem Winkel schneiden, der möglichst 90° erreicht.

Sind mehrere Einzel-Druckentnahmen auf der Plus- und der Minusseite in der gleichen Ebene vorhanden, so müssen deren Mittellinien gleiche Winkelabstände zueinander haben. Die Durchmesser der Bohrungen für die Einzel-Druckentnahmen sind in 5.2.3.3 angegeben.

Gemessen von der Rohrinne, müssen die Bohrungen für die Einzel-Druckentnahmen über eine Länge von mindestens $2,5 \times$ Bohrungsinne Durchmesser kreisrund und zylindrisch sein.

Die Entnahmebohrungen auf der Plus- und Minusseite müssen den gleichen Durchmesser aufweisen.

5.2.3.6 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 Bedingung muss zusätzlich erfüllt sein:

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

Die Breiten c und c' der Fassungsringe auf der Einlauf- und Auslaufseite (siehe Bild 4) dürfen 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 des Ringspaltes, der das Rohrinne mit der Ringkammer verbindet.

5.2.3.7 Flächen des Fassungsringes, die mit dem zu messenden Fluid in Berührung kommen, müssen sorgfältig bearbeitet und sauber sein. Deren Oberflächenbeschaffenheit muss den Anforderungen an die Rauheit des Rohres (siehe 5.3.1) entsprechen.

5.2.3.8 Die Bohrungen für die Druckentnahmen, welche die Ringkammern mit den Sekundärgeräten verbinden, müssen rund sein und einen Durchmesser j zwischen 4 mm und 10 mm aufweisen (siehe 5.2.2.5).

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

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

5.3 Koeffizienten von Blenden und zugehörige Messunsicherheiten

5.3.1 Anwendungsgrenzen

Nach diesem Teil von ISO 5167 genormte Blenden dürfen nur unter den folgenden Bedingungen angewendet werden.

Blenden mit Eck- oder D - und $D/2$ -Druckentnahmen:

- $d \geq 12,5$ mm;
- $50 \text{ mm} \leq D \leq 1\,000$ mm;
- $0,1 \leq \beta \leq 0,75$;
- $Re_D \geq 5\,000$ für $0,1 \leq \beta \leq 0,56$;
- $Re_D \geq 16\,000 \beta^2$ für $\beta > 0,56$.

Blenden mit Flansch-Druckentnahmen:

- $d \geq 12,5$ mm;
- $50 \text{ mm} \leq D \leq 1\,000$ mm;
- $0,1 \leq \beta \leq 0,75$;

für $Re_D \geq 5\,000$ und $Re_D \geq 170 \beta^2 D$, wobei D in mm angegeben ist.

Wenn die Unsicherheitswerte dieses Teils von ISO 5167 eingehalten werden müssen, muss die Rauheit der Rohrrinnenwand folgenden Bedingungen genügen: Der arithmetische Mittenrauhwert Ra muss einem Wert entsprechen, der sicherstellt, dass $10^4 Ra/D$ niedriger ist als der obere Grenzwert nach Tabelle 1 und höher als der untere Grenzwert nach Tabelle 2. Die Gleichung für den Durchflusskoeffizienten (5.3.2.1) wurde anhand einer Datenbank aufgestellt, deren C -Werte für Messstrecken bekannter Rauheit ermittelt wurden. Die Grenzwerte für Ra/D wurden dabei so gewählt, dass die Abweichung des Durchflusskoeffizienten durch die Verwendung von Rohren abweichender Rauheit nicht so groß ist, dass der Wert für die Unsicherheit nach 5.3.3.1 nicht mehr eingehalten wird. Weitere Angaben zur Rohrrauheit siehe 7.1.5 von ISO 5167-1:2003. Die Grundlagen für die Tabellen 1 und 2 sind in den Literaturhinweisen [2] bis [4] beschrieben.

Tabelle 1 — Oberer Grenzwert von $10^4 Ra/D$

β	Re_D								
	$\leq 10^4$	3×10^4	10^5	3×10^5	10^6	3×10^6	10^7	3×10^7	10^8
$\leq 0,20$	15	15	15	15	15	15	15	15	15
0,30	15	15	15	15	15	15	15	14	13
0,40	15	15	10	7,2	5,2	4,1	3,5	3,1	2,7
0,50	11	7,7	4,9	3,3	2,2	1,6	1,3	1,1	0,9
0,60	5,6	4,0	2,5	1,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,4
$\geq 0,65$	4,2	3,0	1,9	1,2	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3

Tabelle 2 — Unterer Grenzwert von $10^4 Ra/D$ (wenn ein solcher erforderlich ist)

β	Re_D			
	$\leq 3 \times 10^6$	10^7	3×10^7	10^8
$\leq 0,50$	0,0	0,0	0,0	0,0
0,60	0,0	0,0	0,003	0,004
$\geq 0,65$	0,0	0,013	0,016	0,012

Die in den Tabellen 1 und 2 genannten Grenzwerte für die Rauheit der Rohre müssen über eine Einlaufänge von $10D$ vor der Blende eingehalten werden. Die Anforderungen gelten dabei für den Blendenhalter und die Rohrleitung stromaufwärts. Die Rohrrauheit hinter der Blende ist nicht von entsprechender Bedeutung.

Beispielsweise gelten in beiden folgenden Fällen die Anforderungen dieses Abschnittes als erfüllt:

- $1 \mu\text{m} \leq Ra \leq 6 \mu\text{m}$, $D \geq 150 \text{ mm}$, $\beta \leq 0,6$ und $Re_D \leq 5 \times 10^7$;
- $1,5 \mu\text{m} \leq Ra \leq 6 \mu\text{m}$, $D \geq 150 \text{ mm}$, $\beta > 0,6$ und $Re_D \leq 1,5 \times 10^7$.

Ist D kleiner 150 mm, so sind der obere und untere Grenzwert von Ra mittels Tabelle 1 und 2 zu ermitteln.

5.3.2 Koeffizienten

5.3.2.1 Durchflusskoeffizient C

Der Durchflusskoeffizient C ist durch die *Reader-Harris/Gallagher*-Gleichung (1998) [5] gegeben:

$$C = 0,596 \cdot 1 + 0,026 \cdot \beta^2 - 0,216 \cdot \beta^8 + 0,000 \cdot 521 \left(\frac{10^6 \beta}{Re_D} \right)^{0,7} + (0,0188 + 0,0063A) \beta^{3,5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0,3} \\ + (0,043 + 0,080e^{-10L_1} - 0,123e^{-7L_1})(1 - 0,11A) \frac{\beta^4}{1 - \beta^4} - 0,031(M'_2 - 0,8M'^{1,1}_2) \beta^{1,3} \quad (4)$$

Ist $D < 71,12 \text{ mm}$ (2,8 in), so ist der Gleichung (4) folgendes Glied hinzuzufügen:

$$+ 0,011(0,75 - \beta) \left(2,8 - \frac{D}{25,4} \right)$$

Dabei ist:

- β ($= d/D$) das Durchmesser Verhältnis; die Durchmesser d und D sind in Millimeter einzusetzen;
- Re_D die Reynolds-Zahl, bezogen auf D ;
- L_1 ($= l_1/D$) das Verhältnis des Abstandes der Druckentnahme im Einlauf von der Stirnseite der Blende zum Rohrdurchmesser;
- L'_2 ($= l'_2/D$) das Verhältnis des Abstandes der Druckentnahme im Auslauf von der Rückseite der Blende zum Rohrdurchmesser (L'_2 deutet den Bezug des Abstandes auf die Rückseite der Blende an, L_2 würde sich auf den Abstand von der Stirnseite der Blende beziehen).

$$M'_2 = \frac{2L'_2}{1 - \beta}$$

$$A = \left(\frac{19\,000\beta}{Re_D} \right)^{0,8}$$

Sind die Anforderungen nach 5.2.2.2, 5.2.2.3 oder 5.2.3. erfüllt, dann sind für L_1 und L'_2 folgende Werte in die Gleichung einzusetzen:

— für Eck-Druckentnahmen:

$$L_1 = L'_2 = 0;$$

— für D - und $D/2$ -Druckentnahmen:

$$L_1 = 1 \text{ und}$$

$$L'_2 = 0,47;$$

— für Flansch-Druckentnahmen:

$$L_1 = L'_2 = \frac{25,4}{D};$$

wobei D in mm angegeben ist.

Die Gleichung (4) nach *Reader-Harris/Gallagher* (1998), gilt nur für Anordnungen von Druckentnahmen, wie sie in 5.2.2 und 5.2.3 beschrieben sind. Andere Wertepaare für L_1 und L'_2 , die nicht einer der drei genormten Druckentnahmen entsprechen, dürfen nicht in die Gleichung eingesetzt werden.

Die Gleichung (4) und die in 5.3.3 angegebenen Unsicherheiten sind nur dann gültig, wenn die Messungen innerhalb der Anwendungsgrenzen nach 5.3.1 liegen und die allgemeinen Anforderungen an den Einbau der Blendenmessstrecken nach Abschnitt 6 und ISO 5167-1 erfüllt sind.

Werte für C als Funktion von β , Re_D und D sind zur bequemen Handhabung in den Tabellen A.1 bis A.11 angegeben. Diese Werte sind nicht für genaue Interpolationen vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.

5.3.2.2 Expansionszahl ε

Die empirische Gleichung [6] zur Berechnung der Expansionszahl ε von Blenden lautet für alle drei Arten der Druckentnahme:

$$\varepsilon = 1 - \left(0,351 + 0,256\beta^4 + 0,93\beta^8 \right) \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1/\kappa} \right] \quad (5)$$

Die Gleichung (5) ist nur innerhalb der in 5.3.1 angegebenen Grenzen anwendbar.

Für die Bestimmung von ε liegen Versuche mit Luft, Dampf und Erdgas vor. Es gibt jedoch keine bekannten Einwände, die Gleichung (5) auf andere Gase und Dämpfe mit bekannten Isentropenexponenten anzuwenden.

Dann ist die Gleichung (5) jedoch nur für $p_2/p_1 \geq 0,75$ anwendbar.

Werte für die Expansionszahl als eine Funktion des Isentropenexponenten, des Druckverhältnisses und des Durchmesser-Verhältnisses sind zur bequemen Handhabung in Tabelle A.12 angegeben. Diese Werte sind nicht für genaue Interpolationen vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.

5.3.3 Unsicherheiten

5.3.3.1 Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C

Wenn β , D , Re_D und Ra/D als fehlerfrei angenommen werden können, beträgt die relative Unsicherheit von C bei allen drei Arten der Druckentnahme:

- $(0,7 - \beta) \%$ für $0,1 \leq \beta < 0,2$;
- $0,5 \%$ für $0,2 \leq \beta \leq 0,6$;
- $(1,667\beta - 0,5) \%$ für $0,6 < \beta \leq 0,75$.

Ist $D < 71,12$ mm (2,8 in), so ist die folgende relative Unsicherheit den vorgenannten Werten arithmetisch hinzuzufügen:

$$+ 0,9 (0,75 - \beta) \left(2,8 - \frac{D}{25,4} \right) \%$$

Für $\beta > 0,5$ und $Re_D < 10\,000$ ist die folgende relative Unsicherheit zu den oben genannten Werten arithmetisch hinzuzufügen:

$$+ 0,5 \%$$

5.3.3.2 Unsicherheit der Expansionszahl ε

Die relative Unsicherheit von ε unter der Annahme, dass β , $\Delta p/p_1$ und κ frei von Fehlern sind, beträgt,

$$3,5 \frac{\Delta p}{\kappa p_1} \%$$

5.4 Druckverlust $\Delta\varpi$

5.4.1 Der bleibende Druckverlust $\Delta\varpi$, den die in diesem Teil von ISO 5167 beschriebenen Blenden verursachen, kann näherungsweise aus dem Wirkdruck Δp mittels Gleichung (7) berechnet werden:

$$\Delta\varpi = \frac{\sqrt{1 - \beta^4(1 - C^2)} - C\beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4(1 - C^2)} + C\beta^2} \Delta p \quad (7)$$

Dieser Druckverlust ist die Differenz des statischen Wanddruckes auf der Einlaufseite der Blende an einer Stelle, an der der Einfluss des Staudruckes noch vernachlässigt werden darf (etwa $1D$ vor der Blende), und dem statischen Wanddruck auf der Auslaufseite an einer Stelle, an welcher der Rückgewinn des statischen Druckes durch Strahlaufweitung abgeschlossen ist (etwa $6D$ hinter der Blende). Das Wanddruckprofil für eine Messstrecke mit Blenden ist in Bild 5 dargestellt.

5.4.2 Ein weiterer näherungsweise Wert für $\Delta\varpi/\Delta p$ ist nach folgender Gleichung gegeben:

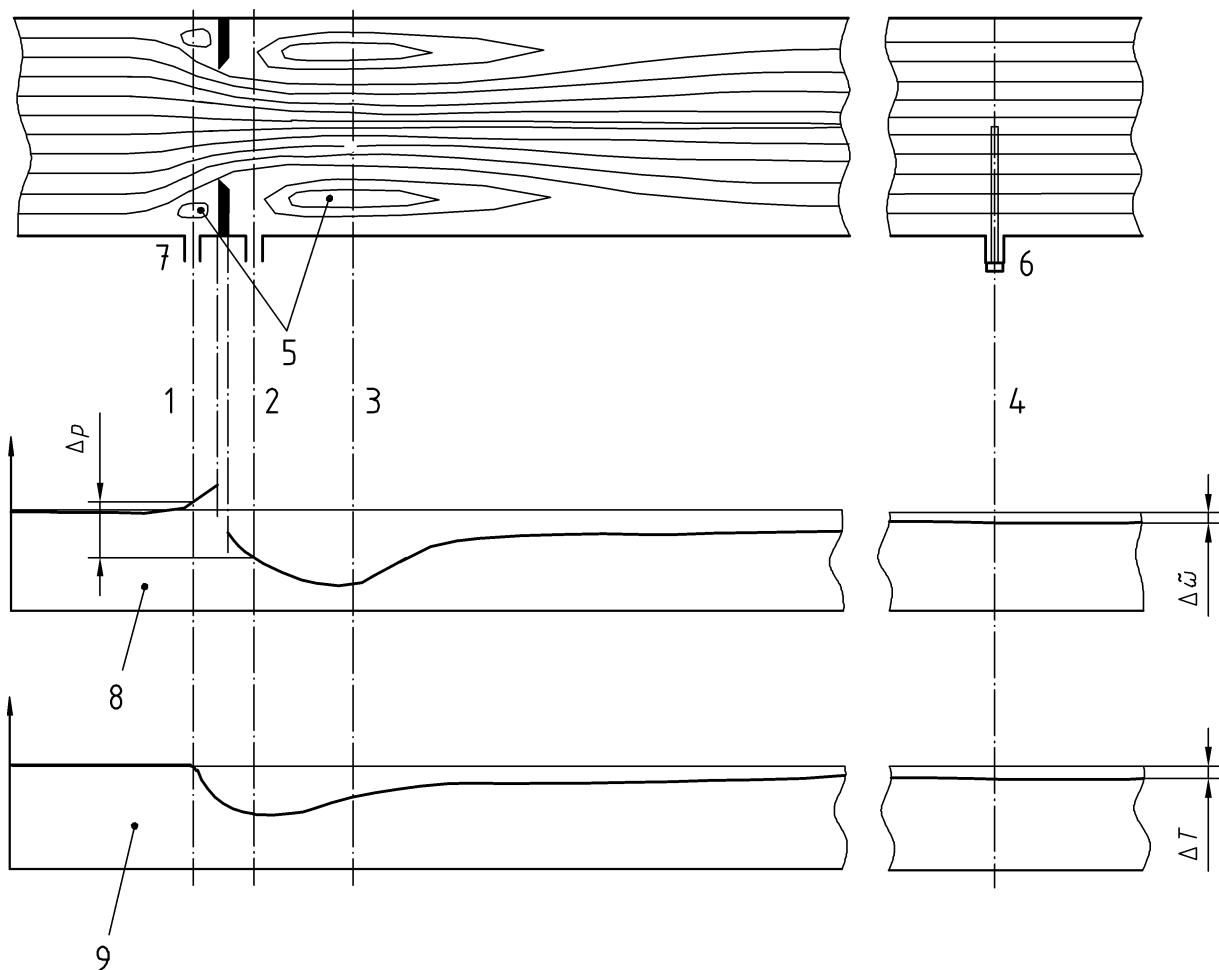
$$\frac{\Delta\varpi}{\Delta p} = 1 - \beta^{1,9}$$

5.4.3 Der Druckverlust-Koeffizient K für die Blende ist nach folgender Gleichung (siehe [7]) gegeben:

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

dabei wird K nach folgender Gleichung bestimmt:

$$K = \frac{\Delta \varpi}{\frac{1}{2} \rho_1 V^2}$$



Legende

- 1 Ebene der Plus-Druckentnahme
- 2 Ebene der Minus-Druckentnahme
- 3 Ebene der Vena-Contracta (höchste Geschwindigkeiten)
- 4 Ebene der Anordnung der Temperaturmessung
- 5 Zonen der Rückströmung und Ablösung
- 6 Temperaturfühler
- 7 Druckentnahmestellen
- 8 Wanddruckverlauf
- 9 Verlauf der mittleren Temperatur

Bild 5 — Ungefähre Profile für Strömung, Druck und Temperatur im Bereich einer Messstrecke mit Blende

6 Anforderungen an den Einbau

6.1 Allgemeines

Allgemeine Anforderungen an den Einbau von Drosselgeräten sind im Abschnitt 7 von ISO 5167-1:2003 festgelegt. Neben diesen allgemeinen Anforderungen sind die in diesem Abschnitt vorgegebenen besonderen Anforderungen für Blenden einzuhalten. Die allgemeinen Anforderungen an die Strömungsbedingungen vor dem Drosselgerät sind in 7.3 von ISO 5167-1:2003 festgelegt, die Anforderungen für den Einsatz von Strömungsumformern in 7.4 von ISO 5167-1:2003. Für einige üblicherweise verwendete Einbaustörungen, festgelegt in Tabelle 3, sind die dort aufgeführten Mindestlängen für störungsfreie gerade Rohrstrecken anzuwenden, wobei detaillierte Anforderungen in 6.2 festgelegt sind. Bei Verwendung eines Strömungsumformers nach 6.3 ergeben sich kürzere Einlaufstrecken; darüber hinaus ist ein Strömungsumformer im Einlauf der Blende dann vorzusehen, wenn für das gewünschte Unsicherheitsniveau eine ausreichend lange störungsfreie gerade Rohrstrecke nicht zur Verfügung steht. Hinter einem Sammler wird der Einsatz eines Strömungsumformers nachdrücklich empfohlen. Viele der in 6.2 und alle der in 6.3.2 angegebenen Längen beziehen sich auf Messdaten der Literaturstelle [8]. Zusätzliche Messungen, die zu den Längen nach 6.2 führen, sind in [9] und [10] enthalten.

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

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

6.2.2 Wenn kein Strömungsumformer verwendet wird, 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.

6.2.3 Entsprechen die Längen der störungsfreien geraden Rohrstrecken den Werten in den Spalten A der Tabelle 3 für „0 %-Zusatzunsicherheit“, so ist es nicht erforderlich, die Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten zur Berücksichtigung der jeweiligen Einbauverhältnisse zu erhöhen.

6.2.4 Wenn die Länge der störungsfreien geraden Rohrstrecke im Ein- und Auslauf kürzer ist als der in den Spalten A von Tabelle 3 angegebene Wert für „0 %-Zusatzunsicherheit“ und wenn sie entweder gleich lang oder länger ist als der Wert für „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ der Spalten B von Tabelle 3 für eine bestimmte Einbaustörung, so ist eine Zusatzunsicherheit im Betrag von 0,5 % arithmetisch zur Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten hinzuzuaddieren.

6.2.5 Dieser Teil von ISO 5167 darf nicht zur Bestimmung einer Zusatzunsicherheit herangezogen werden, wenn entweder

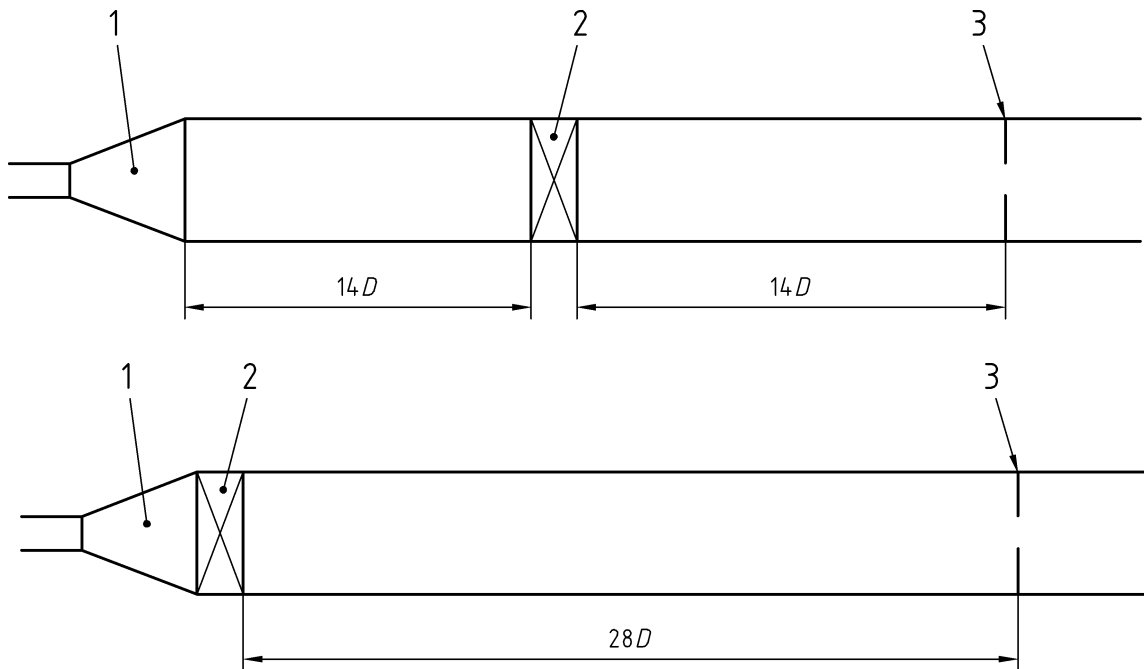
- a) im Ein- oder Auslauf störungsfreie gerade Rohrstrecken mit Längen verwendet werden, die kürzer sind als die in den Spalten B in Tabelle 3 angegebenen Werte für „0,5 %-Zusatzunsicherheit“, oder
- b) wenn die Längen der störungsfreien geraden Rohrstrecken im Ein- und Auslauf beide kürzer sind als die in den Spalten A in Tabelle 3 angegebenen Werte für „0 %-Zusatzunsicherheit“.

6.2.6 Die in der Tabelle 3 enthaltenen Absperrarmaturen müssen während der Durchflussmessung völlig geöffnet sein. Stellglieder zur Regelung des Durchflusses sind möglichst stromabwärts hinter der Blende einzubauen. Einzeln stehende, stromaufwärts vor der Blende angeordnete Absperrarmaturen müssen völlig geöffnet sein und dabei den vollen Leitungsquerschnitt aufweisen. Für die Position „völlig geöffnet“ sollte die Absperrarmatur über entsprechend gekennzeichnete Anschläge verfügen. Die Absperrarmatur nach Tabelle 3 hat denselben Nenn-durchmesser wie das Rohr der Einlaufstrecke, jedoch ist der Öffnungsdurchmesser vom Durchmesser der angrenzenden Leitungen verschieden und bedingt einen Durchmessersprung, der größer ist als der nach 6.4.3 zulässige.

6.2.7 In der Messstrecke stromaufwärts (im Einlauf) angeordnete Absperrarmaturen, die den gleichen Leitungsquerschnitt wie die angrenzende Rohrleitung aufweisen und so ausgeführt sind, dass sie im völlig geöffneten Zustand die zulässigen Durchmessersprünge nach 6.4.3 nicht überschreiten, gelten als Teil der Messstrecke und bedingen keine zusätzliche Länge nach Tabelle 3, wenn die Absperrarmaturen während der Durchflussmessung völlig geöffnet sind.

6.2.8 Die in Tabelle 3 angegebenen Werte wurden experimentell mit einer sehr langen geraden Rohrstrecke vor der jeweiligen Einbaustörung ermittelt, sodass vor letzterer ein genügend ausgebildetes drallfreies Geschwindigkeitsprofil angenommen werden konnte. Da solche Bedingungen in der Praxis schwer zu erreichen sind, können folgende Hinweise als Regeln für den üblichen Einbau dienen.

- a) Sind stromaufwärts vor der Blende mehrere Arten von Einbaustörungen nach Tabelle 3 in Reihe eingebaut, wobei Kombinationen aus 90°-Krümmern nach der Tabelle als **eine** Einbaustörung angesehen werden können, so gilt Folgendes:
 - 1) Zwischen der Einbaustörung unmittelbar vor der Blende (Einbaustörung 1) und der Blende selbst muss eine störungsfreie gerade Rohrstrecke eingebaut sein, deren Mindestlänge in Abhängigkeit vom vorliegenden Durchmesser-Verhältnis der Mindesteinlaufstrecke nach Tabelle 3 für die Einbaustörung 1 entspricht.
 - 2) Zusätzlich muss zwischen der Einbaustörung 1 und der stromaufwärts der Blende folgenden über nächsten Einbaustörung 2 eine störungsfreie gerade Rohrstrecke vorhanden sein, deren Länge mindestens dem halben Wert des nach der Tabelle 3 für die Einbaustörung 2 bei einem Durchmesser-Verhältnis von 0,67 sich ergebenden Abstandes entspricht. Dabei ist als D der vorgegebene Leitungsdurchmesser zwischen den Störungen 1 und 2 einzusetzen. Der tatsächliche β -Wert der Blende ist dabei unerheblich. Falls eine der unter 1) und 2) benötigten Mindesteinlaufstrecken den Spalten B der Tabelle 3 entnommen wurde (d. h. bevor der halbe Wert für die Strecke zwischen Einbaustörung 1 und Einbaustörung 2 genommen wurde), muss eine „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ arithmetisch zur Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten hinzuaddiert werden.
 - 3) Ist in der Einlaufmessstrecke eine Absperrarmatur mit vollem Leitungsquerschnitt (wie in der Tabelle 3 angegeben) als Störung 1 installiert, der eine weitere Einbaustörung, z. B. ein Diffusor als Störung 2 vorgeschaltet ist, so darf die Absperrarmatur unmittelbar (im Abstand 0) am Ausgang der Einbaustörung 2 stromaufwärts der Blende installiert werden. Dann muss die nach 2) geforderte störungsfreie gerade Rohrstrecke zwischen der Absperrarmatur und der Einbaustörung 2 zur Länge der störungsfreien geraden Rohrstrecke zwischen der Blende und der Absperrarmatur (jeweils nach Tabelle 3) hinzuaddiert werden (siehe Bild 6). Daneben müssen die Anforderungen nach 6.2.8 b) erfüllt sein (wie es in Bild 6 der Fall ist).
- b) Zusätzlich zur Regelung unter a) gilt in dem Falle, dass die Einbaustörung 2 aus einem Doppelkrümmer besteht, der aus zwei hintereinander angeordneten 90°-Krümmern mit Zwischenabstand S gebildet wird und als eine Einbaustörung aufgefasst wird. Folgendes: Der Abstand zwischen Doppelkrümmer und Blende muss mindestens der Einlaufstrecke nach Tabelle 3 für diesen Doppelkrümmer und das gegebene β (mit dem D des Rohrdurchmessers an der Blende) entsprechen, unabhängig von der Anzahl und Art anderer Einbaustörungen 1 zwischen Doppelkrümmer und Blende. Die Strecke zwischen Blende und Doppelkrümmer muss entlang der Rohrachse gemessen werden. Wenn für eine der Einbaustörungen 1 oder 2 (Doppelkrümmer) die Anforderung mit einem Wert aus Spalte B der Tabelle 3 erfüllt wird, aber nicht mit einer Länge nach Spalte A auskommt, ist der Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten eine „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ hinzuzufügen, wobei dies jedoch nicht mehr als einmal nach den Vorgaben in a) und b) erfolgen darf.
- c) Wenn mehrere Messstrecken aus einem Sammler abzweigen (z. B. bei einem Sammler, dessen Querschnittsfläche ungefähr dem 1,5fachen der Querschnittsfläche der in Betrieb befindlichen Messstrecken entspricht), wird ausdrücklich empfohlen, in der Einlaufstrecke hinter dem Sammler je einen Strömungsumformer (siehe 7.4 in ISO 5167-1:2003) einzubauen, da das Strömungsprofil immer gestört sein wird und eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von Drall besteht.
- d) Handelt es sich bei der Einbaustörung 2 (oder noch weiter davor) um eine Kombination von Krümmern, dann wird zwecks Anwendung der Tabelle 3 der Abstand zwischen den Krümmern von Biegung zu Biegung als Vielfaches des Durchmessers der Krümmer berechnet.



Legende

- 1 Diffusor
- 2 Kugelhahn mit freiem Rohrquerschnitt oder Schieber, völlig geöffnet
- 3 Blende

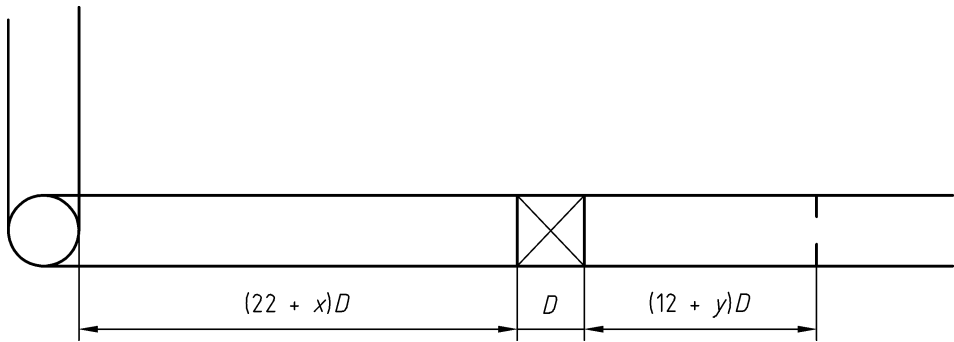
Bild 6 — Anordnung mit einer Absperrarmatur mit vollem Leitungsquerschnitt vor einer Blende mit $\beta = 0,6$

6.2.9 Beispielhaft werden nachstehend drei mögliche Fälle nach 6.2.8 a) und b) betrachtet. In jedem der Fälle ist die Einbaustörung 2 stromaufwärts der Blende ein Raumkrümmer, bestehend aus zwei Krümmern in senkrecht zueinander stehenden Ebenen (mit einem Zwischenabstand von $10D$ von Biegung zu Biegung, D Durchmesser des Krümmers). Die Blende hat ein $\beta = 0,4$.

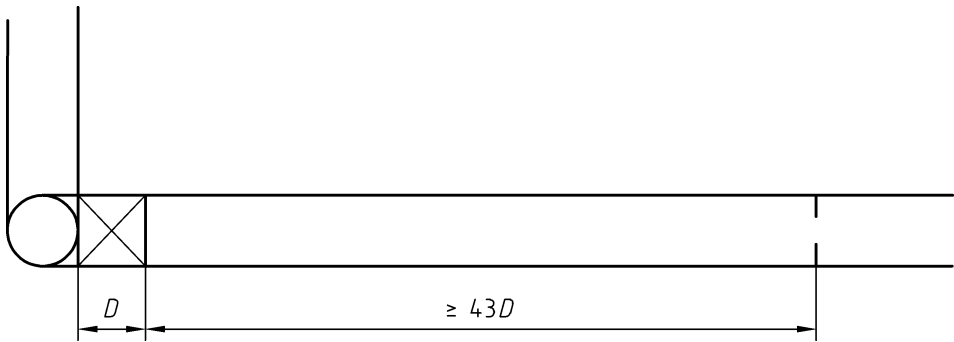
6.2.9.1 Handelt es sich bei der Einbaustörung 1 um einen voll geöffneten Kugelhahn mit freiem Rohrquerschnitt [siehe Bild 7 a)], so muss nach Tabelle 3 der Abstand zwischen Kugelhahn und Blende mindestens $12D$ betragen. Der Abstand zwischen Raumkrümmer und Kugelhahn muss nach 6.2.8 a) mindestens $22D$ betragen. Der Abstand zwischen Raumkrümmer und Blende muss nach 6.2.8 b) mindestens $44D$ betragen. Für den Fall, dass der Kugelhahn eine Einbaulänge von $1D$ besitzt, muss eine zusätzliche Rohrlänge von $9D$ vorgesehen werden, die entweder stromaufwärts oder stromabwärts des Kugelhahns bzw. teilweise stromaufwärts und teilweise stromabwärts angeordnet werden kann. Nach 6.2.8 a) 3) kann der Kugelhahn aber auch unmittelbar stromabwärts des Raumkrümmers angeordnet werden, vorausgesetzt, dass mindestens $44D$ Rohrlänge zwischen Raumkrümmer und Blende vorliegt [siehe Bild 7 b)].

6.2.9.2 Handelt es sich bei der Einbaustörung 1 um ein Reduzierstück mit einer Länge von $2D$ und einer Reduzierung von $2D$ auf D [siehe Bild 7 c)], so muss der Abstand zwischen dem Reduzierstück und der Blende nach Tabelle 3 mindestens $5D$ betragen. Der Abstand zwischen Raumkrümmer und Reduzierstück muss nach 6.2.8 a) mindestens $22 \times 2D$ betragen. Nach 6.2.8 b) muss der Abstand zwischen Raumkrümmer und Blende gleichzeitig mindestens $44D$ betragen. Somit bringt 6.2.8 b) keine zusätzliche Einlaulänge gegenüber 6.2.8 a) mit sich.

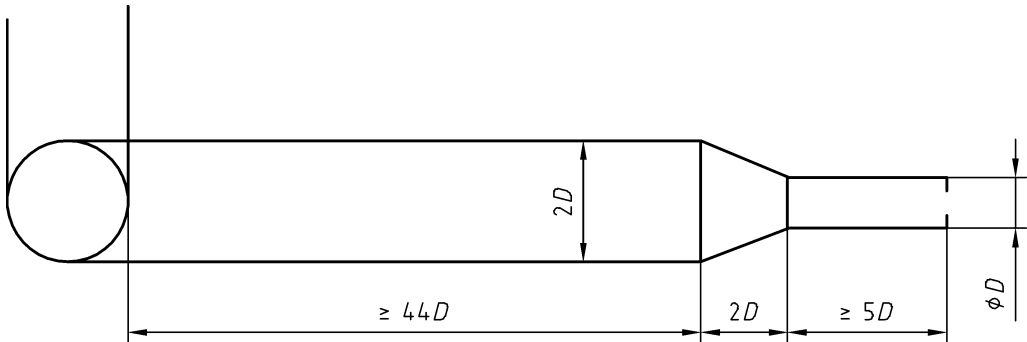
6.2.9.3 Ist die Einbaustörung 1 ein Diffusor mit einer Länge von $2D$ und einer Aufweitung von $0,5D$ auf D [siehe Bild 7 d)], so muss der Abstand zwischen Diffusor und Blende nach Tabelle 3 mindestens $12D$ betragen. Der Abstand zwischen Raumkrümmer und Diffusor muss nach 6.2.8 a) mindestens $22 \times 0,5D$ betragen. Nach 6.2.8 b) besteht zusätzlich die Forderung nach einem Mindestabstand zwischen dem Raumkrümmer und der Blende von $44D$. Daher ist zusätzlich eine Rohrstrecke von $19D$ erforderlich, die entweder vor oder hinter dem Diffusor oder teilweise davor und teilweise dahinter angeordnet sein darf.



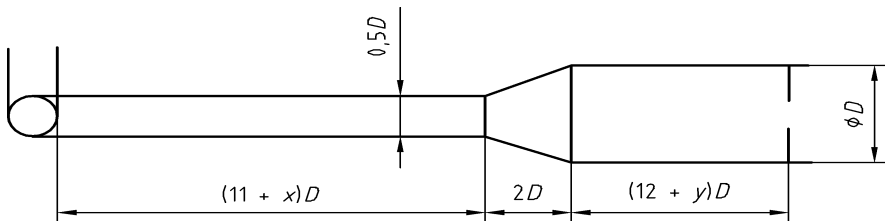
a) $x \geq 0, y \geq 0, x+y \geq 9$



b)



c)



d) $x \geq 0, y \geq 0, x+y \geq 19$

Bild 7 — Beispiele für zulässige Bauformen (siehe 6.2.9)

Tabelle 3 — Erforderliche störungsfreie gerade Rohrstrecken zwischen Blenden und Einbaustörungen ohne Strömungsgleichrichter

Werte, angegeben als Vielfaches des inneren Rohrdurchmessers *D*

Durchmesser- verhältnis β	Einlaufseite der Blende																							Ausgangs- seite der Blende		
	Einfacher 90°-Krümmer; zwei 90°-Krümmer in beliebigen Ebenen ($S > 30D$) ^a		Zwei 90°-Krümmer in gleicher Ebene: Bauform S ($30D \geq S > 10D$) ^a		Zwei 90°-Krümmer in gleicher Ebene: Bauform S ($10D \geq S$) ^a		Zwei 90°-Krümmer in senkrecht zueinander stehenden Ebenen ($30D \geq S \geq 5D$) ^a		Zwei 90°-Krümmer in senkrecht zueinander stehenden Ebenen ($5D > S$) ^{a,b}		Einfaches 90°-T-Stück mit oder ohne Erweiterung Gehrung 90°		Einfacher 45°-Krümmer; zwei 45°-Krümmer in gleicher Ebene: Bauform S ($S \geq 2D$) ^a		Konzen- trisches Reduzier- stück von $2D$ auf D über eine Länge von 1,5 bis $3D$		Konzen- trischer Diffusor von $0,5D$ auf D über eine Länge von D bis $2D$		Kugelhahn mit freiem Rohr- querschnitt oder Schieber, völlig geöffnet		Abrupte symme- trische Durchmes- serverrin- gerung		Thermo- meter- schutzrohr ^c mit einem Durch- messer $\leq 0,03D$ ^d		Einbau- störungen (Spalten 2 bis 11) und Schutzrohr der Dichte- messung	
1	2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
—	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f	A ^e	B ^f
$\leq 0,20$	6	3	10	g	10	g	19	18	34	17	3	g	7	g	5	g	6	g	12	6	30	15	5	3	4	2
0,40	16	3	10	g	10	g	44	18	50	25	9	3	30	9	5	g	12	8	12	6	30	15	5	3	6	3
0,50	22	9	18	10	22	10	44	18	75	34	19	9	30	18	8	5	20	9	12	6	30	15	5	3	6	3
0,60	42	13	30	18	42	18	44	18	65 ^h	25	29	18	30	18	9	5	26	11	14	7	30	15	5	3	7	3,5
0,67	44	20	44	18	44	20	44	20	60	18	36	18	44	18	12	6	28	14	18	9	30	15	5	3	7	3,5
0,75	44	20	44	18	44	22	44	20	75	18	44	18	44	18	13	8	36	18	24	12	30	15	5	3	8	4
ANMERKUNG 1 Die erforderlichen störungsfreien geraden Rohrstrecken sind die Strecken zwischen den aufgeführten Einbaustörungen vor bzw. hinter der Blende und der Blende selbst. Die geraden Rohrstrecken sind vom hinteren Ende der Krümmung des nächstgelegenen (oder einzigen) Krümmers oder des T-Stücks oder vom ausgangsseitigen Ende des konischen Teils des Reduzierstücks bzw. Diffusors zu messen.																										
ANMERKUNG 2 Die meisten der Krümmer, die als Grundlage für die Einbaulängen in dieser Tabelle verwendet wurden, hatten einen Krümmungsradius von $1,5D$.																										
^a S ist die Länge zwischen den beiden Krümmern, gemessen vom ausgangsseitigen Ende des Bogens des ersten Krümmers bis zum eingangsseitigen Beginn des Bogens des zweiten Krümmers in Strömungsrichtung.																										
^b Dies ist keine gute Installation im Einlauf; soweit möglich, sollte ein Strömungsgleichrichter eingesetzt werden.																										
^c Der Einbau von Thermometer-Schutzrohren ändert nicht die erforderlichen Mindestwerte für die geraden Rohrstrecken der anderen Armaturen.																										
^d Der Einbau eines Thermometer-Schutzrohres mit Durchmessern zwischen $0,03D$ und $0,13D$ ist möglich, wenn die Werte in den Spalten A und B auf jeweils 20 bzw. 10 erhöht werden. Der Einbau wird jedoch nicht empfohlen.																										
^e Die Spalte A für jede Einbaustörung gilt für „0 %-Zusatzunsicherheit“ (siehe 6.2.3)																										
^f Die Spalte B für jede Einbaustörung gilt für „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ (siehe 6.2.4).																										
^g Die erforderliche störungsfreie gerade Rohrstrecke in der Spalte A sind Längen mit „0 %-Zusatzunsicherheit“. Für die Anwendung von kürzeren geraden Rohrstrecken liegen keine Daten vor, die in den Spalten B aufgeführt werden können.																										
^h Bei $Re_D > 2 \times 10^6$ und $S < 2D$ ist es notwendig, $95D$ vorzusehen.																										

6.3 Strömungsumformer und Strömungsgleichrichter

6.3.1 Allgemeines

Ein Strömungsumformer kann zur Verkürzung der Einlaufstrecke verwendet werden, wenn entweder die Zulassungsprüfung nach 7.4.1 in ISO 5167-1:2003 bestanden wurde — in diesem Fall kann der Strömungsumformer nach jeder Einbaustörung eingesetzt werden —, oder wenn die Anforderungen nach 7.4.2 in ISO 5167-1:2003 erfüllt werden, wodurch zusätzliche Einsatzmöglichkeiten außerhalb der Zulassungsprüfung gegeben sind. In beiden Fällen ist die Prüfung unter Verwendung von Blenden durchzuführen.

Nicht patentierte Strömungsumformer, die die Zulassungsprüfung nach ISO 5167-1 bestanden haben, sind der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) und der *Zanker*-Lochplatten-Strömungsumformer. Anhang B beschreibt einige patentierte Strömungsumformer, die die Zulassungsprüfung bestanden haben. In 6.3.2 und 6.3.3 sind die Einbauverhältnisse aufgezeigt, in denen der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) und der *Zanker*-Lochplatten-Strömungsumformer vor Blenden eingesetzt werden können. In 6.3.2.2 und 6.3.3.2 wird angegeben, unter welchen einzuhaltenden Abständen der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) und der *Zanker*-Lochplatten-Strömungsumformer hinter einer beliebigen Störung eingebaut werden können. In 6.3.2.3 sind weitere Einbausituationen beschrieben, in denen der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) zur Verkürzung der Einlaufängen verwendet werden darf. Im Anhang B sind verschiedene Strömungsumformer, die im Einlauf von Blenden angeordnet werden können, und deren einzuhaltende Abstände, beschrieben. Die Nennung der hier beschriebenen Strömungsumformer schränkt die Verwendung anderer geprüfter Ausführungen von Strömungsumformern, die nachweislich ebenfalls ausreichend geringe Änderungen des Durchflusskoeffizienten bewirken, nicht ein.

6.3.2 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998)

6.3.2.1 Beschreibung

6.3.2.1.1 Ausführung

Der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) nach Bild 8 besteht aus 19 in einem Bündel zylindrisch angeordneten Rohren.

Um den Drall, der zwischen den Rohren des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) und der Rohrwand entstehen kann, zu verringern, muss der größte Außendurchmesser D_f des Rohrbündels des Strömungsgleichrichters (1998) folgende Anforderung erfüllen:

$$0,95D \leq D_f \leq D$$

Die Länge L der Rohre muss dabei zwischen $2D$ und $3D$ betragen, wobei vorzugsweise möglichst $2D$ einzuhalten sind.

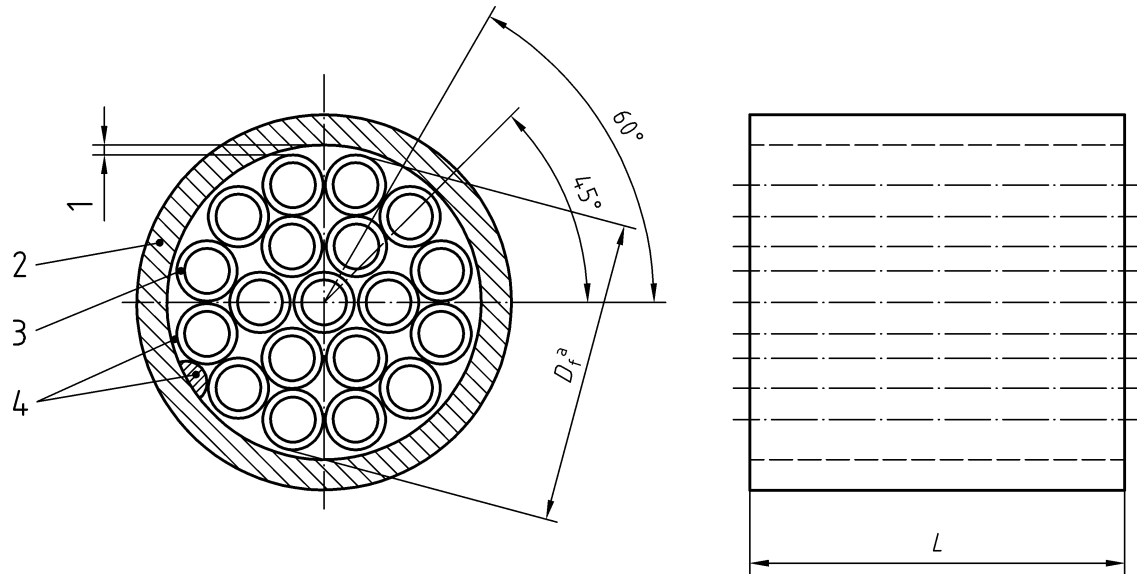
6.3.2.1.2 Rohre des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998)

Alle Rohre des Rohrbündels müssen die gleiche Oberflächenglätte, den gleichen Außendurchmesser und die gleiche Wanddicke aufweisen. Für die Rohre ist eine geringe Wanddicke zu wählen. Die Rohre müssen an beiden Enden angefasst sein.

Die Rohrwanddicke muss kleiner als $0,025D$ sein. Dieser Wert basiert auf der Wanddicke der Rohre, die bei der Erfassung der Daten verwendet wurden, auf die sich dieser Teil von ISO 5167 bezieht.

6.3.2.1.3 Herstellung des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998)

Der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) ist stabil auszuführen. Die einzelnen Rohre sollten an den Kontaktpunkten oder zumindest an beiden Enden des Rohrbündels miteinander verschweißt sein. Die parallele Anordnung der Rohre zueinander und zur Rohrachse muss sichergestellt sein. Wird diese Anforderung nicht erfüllt, so kann der Gleichrichter selbst einen Drall in der Strömung erzeugen. Zur genauen Zentrierung im Rohr können um das Bündel herum Zentrierelemente eingesetzt werden: Dies können kleine Ösen und kleine Stangen sein, die parallel zur Rohrachse eingeführt werden. Nach Einsetzen des Bündels im Rohr muss das Rohrbündel fixiert werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass die Symmetrie im Rohr nicht durch Verziehen des Rohrbündels verändert wird.



Legende

- 1 minimierter Spalt
- 2 Rohrwand
- 3 Wanddicke der Rohres des Rohrbündels
- 4 Zentrierelemente (üblich sind 4)
- a D_f Außendurchmesser des Rohrbündel des Strömungsgleichrichters

Bild 8 — 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998)

6.3.2.1.4 Druckverlust

Der Druckverlust-Koeffizient K für den 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) beträgt annähernd gleich 0,75, wobei K wie folgt ermittelt wird:

$$K = \frac{\Delta p_c}{\frac{1}{2} \rho V^2}$$

Dabei ist

- Δp_c der Druckverlust über den 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998);
- ρ die Dichte des Fluids in der Rohrleitung;
- V die mittlere axiale Geschwindigkeit des Fluids im Rohr.

6.3.2.2 Einbau hinter beliebiger Störung

6.3.2.2.1 Der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) nach Bild 8 kann bei einer Blende mit einem Durchmesser Verhältnis $\leq 0,67$ hinter jeder beliebigen Störung im Einlauf eingebaut werden, wenn die Fertigungsvorgaben nach 6.3.2.1 und die Einbauvorschriften nach 6.3.2.2.2 eingehalten werden.

6.3.2.2.2 Der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter muss in störungsfreie gerade Rohrstrecken von wenigstens $30D$ Länge zwischen Blende und Einlaufstörung eingebaut werden. Er muss so eingebaut werden, dass der Abstand zwischen dem ausgangsseitigen Ende des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) und der Blende $13D \pm 0,25D$ beträgt.

6.3.2.3 Weitere Optionen

6.3.2.3.1 Ein 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) kann auch außerhalb der in 6.3.2.2 beschriebenen Fälle zur Verringerung der erforderlichen Einlaflänge verwendet werden. Der 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) ist im Folgenden als nach 6.3.2.1 gefertigt vorausgesetzt.

Die zulässigen Einbauorte für den 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) werden durch L_f bestimmt. L_f ist der Abstand zwischen der Blende und der nächst vorgeschalteten Einbaustörung. Gemessen wird der Abstand vom ausgangsseitigen Ende der Krümmung des nächstgelegenen (oder einzigen) Krümmers oder T-Stückes bzw. vom ausgangsseitigen Ende des konischen Teiles des Reduzierstückes bzw. Diffusors.

In Tabelle 4 sind die empfohlenen Einbauorte für den 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) für zwei L_f -Bereiche ausgewiesen:

- a) $30D > L_f \geq 18D$ und
- b) $L_f \geq 30D$.

L_f muss dabei $\geq 18D$ sein. Die Position des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) wird nach Tabelle 4 durch die Länge der geraden Rohrstrecke zwischen dem Ausgang des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) und der Blende festgelegt.

Wenn für eine bestimmte Einbaustörung kein Einbauort für einen 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) zu einem bestimmten Durchmesser Verhältnis der Blende und zu einem Wert von L_f in der Tabelle 4 angegeben ist, wird ein Einbau für diese Störung und für dieses β und L_f nicht empfohlen. In diesem Fall muss der Wert von L_f erhöht bzw. der Wert von β reduziert werden.

Die Länge der Rohrstrecke hinter der Blende muss den Vorgaben nach Tabelle 3 entsprechen.

Ein Beispiel für die Anwendung von Tabelle 4 ist in 6.3.2.4 aufgeführt.

6.3.2.3.2 Entspricht im Einlauf der Blende die gerade Rohrstrecke zwischen der Blende und dem 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) den in den Spalten A von Tabelle 4 vorgegebenen Werten und entspricht die gerade Rohrstrecke im Auslauf der Blende Spalte A von Tabelle 3 für „0 %-Zusatzunsicherheit“, so ist es nicht erforderlich, zur Berücksichtigung der jeweiligen Einbaueffekte die Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten zu erhöhen.

6.3.2.3.3 Eine Zusatzunsicherheit im Betrag von 0,5 % ist zur Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten arithmetisch hinzuzuaddieren, wenn entweder:

- a) die gerade Rohrstrecke zwischen der Blende und dem 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) nicht dem Wert der Spalten A entsprechend „0 %-Zusatzunsicherheit“, sondern dem Wert entsprechend „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ in den Spalten B von Tabelle 4 entspricht, oder
- b) die gerade Rohrstrecke im Auslauf der Blende kürzer ist als der Wert für „0 %-Zusatzunsicherheit“ nach Spalte A in Tabelle 3, jedoch größer oder gleich dem Wert für „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ nach Spalte B in Tabelle 3 für eine gegebene Einbaustörung ist.

6.3.2.3.4 Dieser Teil der ISO 5167 kann nicht zur Bestimmung einer Zusatzunsicherheit verwendet werden, wenn:

- a) die störungsfreie gerade Rohrstrecke zwischen der Blende und dem 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) nicht dem Wert für „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ in den Spalten B von Tabelle 4 entspricht, oder
- b) die störungsfreie gerade Rohrstrecke im Auslauf der Blende kürzer ist als der Wert für „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ in der Spalte B in Tabelle 3, oder

- c) die störungsfreie gerade Rohrstrecke zwischen Blende und 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter nicht dem Wert für „0 %-Zusatzunsicherheit“ in den Spalten A von Tabelle 4 entspricht und gleichzeitig die störungsfreie gerade Rohrstrecke im Auslauf der Blende kürzer ist als der Wert für „0 %-Unsicherheit“ nach Spalte A in Tabelle 3.

6.3.2.3.5 Die Werte in Tabelle 4 wurden experimentell bestimmt, wobei eine sehr lange gerade Rohrstrecke vor der jeweiligen Einbaustörung installiert war, sodass die Strömung eingangs der Einbaustörung als voll ausgebildet und drallfrei angenommen werden konnte. Da sich diese Bedingungen in der Praxis nur schwer erreichen lassen, muss zwischen der Einbaustörung in Tabelle 4 und der nächstgelegenen Einbaustörung stromaufwärts eine gerade Rohrstrecke von mindestens $15D$ -Länge eingebaut sein. Dies gilt nicht, wenn die Spalten für beliebige Einbaustörungen verwendet werden.

Tabelle 4 — Zulässiger Längenbereich für gerade Rohrstrecken zwischen Blenden und 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter bei Einbau nach Einlaufstörungen, die sich in einem Abstand L_f zur Blende befinden

Werte, angegeben als Vielfaches des Rohrinnendurchmessers D

Durchmesser- ver- hältnis β	Einfacher 90°-Krümmer ^b				Zwei 90°-Krümmer ^b in senkrecht zueinander stehenden Ebenen: ($2D \geq S$) ^a				Einfaches 90° T-Stück				Beliebige Einbaustörung			
	$30 > L_f \geq 18$		$L_f \geq 30$		$30 > L_f \geq 18$		$L_f \geq 30$		$30 > L_f \geq 18$		$L_f \geq 30$		$30 > L_f \geq 18$		$L_f \geq 30$	
1	2		3		4		5		6		7		8		9	
	A ^c	B ^d	A ^c	B ^d	A ^c	B ^d	A ^c	B ^d	A ^c	B ^d	A ^c	B ^d	A ^c	B ^d	A ^c	B ^d
$\leq 0,2$	5 bis 14,5	1 bis n^e	5 bis 25	1 bis n^e	5 bis 14,5	1 bis n^e	5 bis 25	1 bis n^e	5 bis 14,5	1 bis n^e	1 bis 25	1 bis n^e	5 bis 11	1 bis n^e	5 bis 13	1 bis n^e
0,4	5 bis 14,5	1 bis n^e	5 bis 25	1 bis n^e	5 bis 14,5	1 bis n^e	5 bis 25	1 bis n^e	5 bis 14,5	1 bis n^e	1 bis 25	1 bis n^e	5 bis 11	1 bis n^e	5 bis 13	1 bis n^e
0,5	11,5 bis 14,5	3 bis n^e	11,5 bis 25	3 bis n^e	9,5 bis 14,5	1 bis n^e	9 bis 25	1 bis n^e	11 bis 13	1 bis n^e	9 bis 23	1 bis n^e	f g	3 bis n^e	11,5 bis 14,5	3 bis n^e
0,6	12 bis 13	5 bis n^e	12 bis 25	5 bis n^e	13,5 bis 14,5	6 bis n^e	9 bis 25	1 bis n^e	f h	7 bis n^e	11 bis 16	1 bis n^e	f	7 bis n^e	12 bis 16	6 bis n^e
0,67	13	7 bis n^e	13 bis 16,5	7 bis n^e	13 bis 14,5	7 bis n^e	10 bis 16	5 bis n^e	f	8 bis n^e	11 bis 13	6 bis n^e	f	8 bis 10	13	7 bis n^e -1,5 e
0,75	14	8 bis n^e	14 bis 16,5	8 bis n^e	f	9,5 bis n^e	12 bis 12,5	8 bis n^e	f	9 bis n^e	12 bis 14	7 bis n^e	f	9,5	f	8 bis 22
emp- fohlen	13 für $\beta \leq 0,67$	13 für $\beta \leq 0,75$	14 bis 16,5 für $\beta \leq 0,75$	14 bis 16,5 für $\beta \leq 0,75$	13,5 bis 14,5 für $\beta \leq 0,67$	13,5 bis 14,5 für $\beta \leq 0,75$	12 bis 12,5 für $\beta \leq 0,75$	12 bis 12,5 für $\beta \leq 0,75$	13 für $\beta \leq 0,54$	13 für $\beta \leq 0,75$	12 bis 13 für $\beta \leq 0,75$	12 bis 13 für $\beta \leq 0,75$	9,5 für $\beta \leq 0,46$	9,5 für $\beta \leq 0,75$	13 für $\beta \leq 0,67$	13 für $\beta \leq 0,75$

ANMERKUNG Die in der Tabelle angegebenen geraden Rohrstrecken sind die zulässigen Längen zwischen dem ausgangsseitigen Ende eines 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) (siehe 6.3.2.1) und der Blende bei Vorhandensein der betreffenden Störung vor dem 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) in einem Abstand L_f zur Blende. Der Abstand L_f zur Blende wird gemessen bis zum ausgangsseitigen Ende des gekrümmten Teiles des nächsten (oder einzigen) Bogens oder T-Stückes bzw. zum ausgangsseitigen Ende des konischen Teils eines Reduzierstücks bzw. Diffusors. Die empfohlenen Werte für den Einbauort des Rohrbündels gelten für einen bestimmten β -Bereich.

^a S ist die Länge zwischen den beiden Krümmern, gemessen vom ausgangsseitigen Ende des Bogens des ersten Krümmers bis zum eingangsseitigen Beginn des Bogens des zweiten Krümmers in Strömungsrichtung.

^b Krümmungsradius gleich $1,5D$.

^c Die Spalte A gibt für jede Einbaustörung die Längen für „0 %-Zusatzunsicherheit“ an (siehe 6.3.2.3.2).

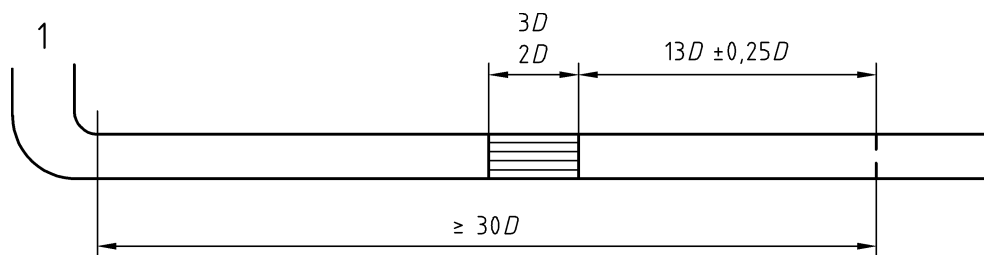
^d Die Spalte B gibt für jede Einbaustörung die Längen für „0,5 %-Zusatzunsicherheit“ an (siehe 6.3.2.3.3).

Tabelle 4 (fortgesetzt)

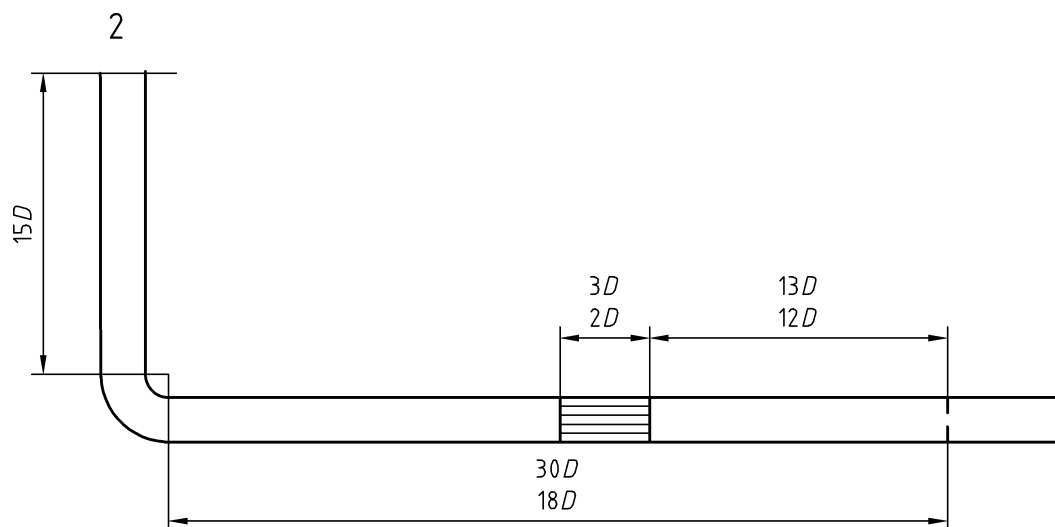
e	n ist das Vielfache des Durchmessers, bei dem sichergestellt ist, dass sich die Eingangsseite des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) in einem Abstand von 1 Durchmesser vom ausgangsseitigen Ende des gekrümmten oder konischen Teiles der stromaufwärts nächstgelegenen Einbaustörung befindet. Die Rohrstrecke zwischen dem eingangsseitigen Ende des 19-Rohr-Strömungsgleichrichters (1998) und dem ausgangsseitigen Ende des gekrümmten oder konischen Teils der nächstgelegenen Einbaustörung sollte mindestens 2,5 Durchmesser betragen, soweit hierdurch die Rohrstrecke zwischen der Blende und dem ausgangsseitigen Ende des 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) keinen unzulässigen Wert aufweist.
f	Es ist nicht möglich, einen angemessenen Einbauort für einen 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) hinter der jeweiligen Einbaustörung zu finden. Dies gilt für alle L_f -Werte, auf die sich die Spalte bezieht.
g	Bei $\beta = 0,46$ ist ein Wert von 9,5 möglich.
h	Bei $\beta = 0,54$ ist ein Wert von 13 möglich.

6.3.2.4 Beispiel

Ist es erforderlich, einen einfachen Krümmer vor eine Blende mit einem Durchmesser Verhältnis von $\beta = 0,6$ einzubauen, so gibt es — im Vergleich zu der bei Verzicht auf einen Strömungsumformer benötigten Länge von $42D$ (siehe Tabelle 3) — zwei Möglichkeiten, einen 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998) zur Verringerung der störungsfreien geraden Einlaufstrecke zu verwenden. Zum einen ist eine Installation nach 6.3.2.2.2 zulässig [siehe Bild 9a)]. Dies hat den Vorteil, dass eine beliebige Einbaustörung in einem beliebigen Abstand dem einfachen Krümmer vorgeschaltet werden kann. Alternativ ist ein Einbau nach Tabelle 4 zulässig [siehe Bild 9 b)], was eine kürzere Einlaufstrecke hinter dem Krümmer ermöglicht, gleichzeitig aber auch eine gerade Einlaufstrecke vor dem Krümmer erforderlich macht. Beträgt die Länge der geraden Einlaufstrecke hinter dem Krümmer $\geq 30D$, so kann unter Verwendung von Tabelle 4 ein breiterer Bereich von Einbauorten für den Rohrbündel-Strömungsgleichrichter gewählt werden. Da aber diese Möglichkeiten bei der Projektierung von Anlagen selten erforderlich sind, sind diese in Bild 9 nicht dargestellt.



a) Einbau nach 6.3.2.2.2



b) Einbau nach Tabelle 4

Legende

- 1 Lage einer beliebigen Einbaustörung, angeordnet im beliebigen Abstand stromaufwärts eines einfachen Krümmers
- 2 Lage einer Einbaustörung, angeordnet im Abstand $15D$ stromaufwärts eines einfachen Krümmers

Bild 9 — Einbaubeispiele unter Verwendung eines 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichters (1998) hinter einem einfachen Krümmer

6.3.3 Zanker-Lochplatten-Strömungsumformer

6.3.3.1 Beschreibung

Der hier beschriebene, nicht patentierte *Zanker*-Lochplatten-Strömungsumformer ist eine Weiterentwicklung des *Zanker*-Strömungsumformers nach C.3.2.5 in ISO 5167-1:2003. Er weist die gleiche Verteilung von Bohrungen in einer auf $D/8$ verstärkten Lochplatte auf, besitzt aber keine der Lochplatte zugeordneten Honigwaben-Kanäle.

Der im Bild 10 dargestellte *Zanker*-Lochplatten-Strömungsumformer [11] erfüllt die Anforderungen der Zulassungsprüfung 7.4.1.2 bis 7.4.1.6 nach ISO 5167-1:2003. Ein *Zanker*-Lochplatten-Strömungsumformer, der die Herstellungsspezifikationen nach 6.3.3.2 erfüllt und nach 6.3.3.3 eingebaut ist, stimmt mit diesem Teil von ISO 5167 überein.

6.3.3.2 Ausführung

Der *Zanker*-Lochplatten-Strömungsumformer nach Bild 10 besteht aus 32 Bohrungen, die in einer kreisrunden Anordnung symmetrisch zueinander angeordnet sind. Die Maße der Bohrungen werden abhängig vom Innendurchmesser D festgelegt. Die Lochplatte muss folgende Bohrungen aufweisen:

- a) einem Ring von 4 zentralen Bohrungen mit den Durchmessern $0,141D \pm 0,001D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,25D \pm 0,0025D$;
- b) einem Ring von 8 Bohrungen mit den Durchmessern $0,139D \pm 0,001D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,56D \pm 0,0056D$;
- c) einem Ring von 4 Bohrungen mit den Durchmessern $0,1365D \pm 0,001D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,75D \pm 0,0075D$;
- d) einem Ring von 8 Bohrungen mit den Durchmessern $0,110D \pm 0,001D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,85D \pm 0,0085D$;
- e) einem Ring von 8 Bohrungen mit den Durchmessern $0,077D \pm 0,001D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,90D \pm 0,009D$.

Die Grenzabmaße für den Durchmesser jeder Bohrung betragen $\pm 0,1$ mm bei $D < 100$ mm.

Die Plattendicke t_c beträgt $0,12D \leq t_c \leq 0,15D$. Die Flanschdicke hängt von der Anwendung ab. Der Außendurchmesser und die Dichtungsfläche des Flansches hängen von der Ausführung des Flansches und der Anwendung ab.

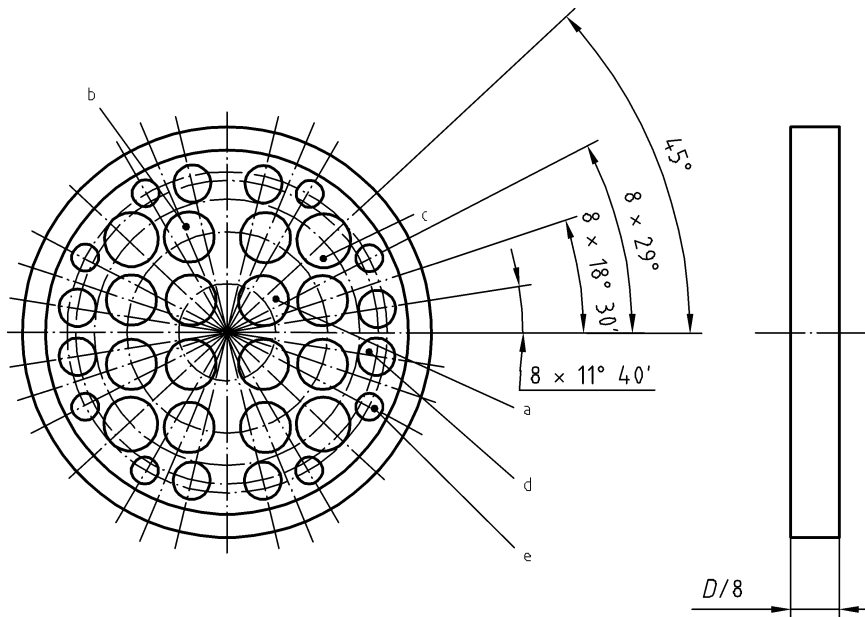


Bild 10 — Darstellung eines Zanker-Lochplatten-Strömungsumformers

Der Druckverlust-Koeffizient K des Zanker-Lochplatten-Strömungsumformers ist annähernd gleich 3, wobei K durch die folgende Gleichung gegeben ist:

$$K = \frac{\Delta p_c}{\frac{1}{2} \rho V^2}$$

Dabei ist

- Δp_c der Druckverlust über den Zanker-Lochplatten-Strömungsumformer;
- ρ die Dichte des Fluids;
- V die mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit des Fluids im Rohr.

6.3.3.3 Einbau

Der Abstand L_f zwischen der Blende und der stromaufwärts nächstgelegenen Einbaustörung muss mindestens $17D$ betragen. Der Zanker-Lochplatten-Strömungsumformer ist so einzubauen, dass der Abstand L_s zwischen dem ausgangsseitigen Ende des Zanker-Lochplatten-Strömungsumformers und der Blende

$$7,5D \leq L_s \leq L_f - 8,5D$$

beträgt.

Der Zanker-Lochplatten-Strömungsumformer kann für $\beta \leq 0,67$ verwendet werden.

Der Abstand zu einem Krümmer (oder einer Kombination von Krümmern) oder zu einem T-Stück wird bis zum ausgangsseitigen Ende des gekrümmten Teils des nächstgelegenen (oder einzigen) Krümmers oder T-Stücks gemessen. Der Abstand zu einem Reduzierstück oder Diffusor wird bis zum ausgangsseitigen Ende des konischen Teils des Reduzierstücks oder Diffusors gemessen.

Die Einbauorte in diesem Unterabschnitt sind hinter jeder beliebigen Einbaustörung zulässig. Der Einbaubereich für die Zanker-Lochplatten-Strömungsumformer kann größer gefasst sein, wenn die Vielfalt von

Einbaustörungen eingeschränkt wird oder wenn die Gesamtstrecke zwischen Einbaustörung und Blende verlängert bzw. das Durchmesser Verhältnis der Blende verringert wird. Diese Konfigurationen werden hier nicht beschrieben.

6.4 Rundheit und Zylinderform des Rohres

6.4.1 Die unmittelbar vor der Blende (oder vor dem Fassungsring, falls vorhanden) liegende Rohrstrecke der Länge $2D$ muss mit besonderer Sorgfalt hergestellt werden und muss den nachstehenden Anforderungen genügen. Kein Durchmesser in beliebiger Ebene darf auf dieser Länge um mehr als 0,3 % vom Wert D abweichen, der als Mittelwert aus den Messungen nach 6.4.2 festgelegt wurde.

6.4.2 Der Wert des Innendurchmessers D der Rohrleitung ist der Mittelwert des lichten Durchmessers auf einer Länge von $0,5D$ vor der Plus-Druckentnahme. Dieser mittlere lichte Durchmesser ist der arithmetische Mittelwert von mindestens zwölf Messungen, davon je vier gleichmäßig über den Umfang verteilt, in mindestens drei Querschnitten auf einer Länge von $0,5D$. Die drei Querschnitte sind so zu verteilen, dass sich zwei in einem Abstand $0D$ und $0,5D$ von der Plus-Druckentnahme befinden und einer in der Ebene der Schweißung liegt, sofern Schweißnähte vorhanden sind. Wenn Fassungsringe (siehe Bild 4) verwendet werden, ist das Maß $0,5D$ vom Anfang des Fassungsringes (stromaufwärts) aus zu messen.

6.4.3 Die Rohrstrecke im Bereich von mehr als $2D$ vor der Blende bis zur nächst vorgeschalteten Einbaustörung darf aus einem oder mehreren Rohrstücken bestehen.

Für den Bereich zwischen $2D$ und $10D$ vor der Blende ist keine zusätzliche Unsicherheit für den Durchflusskoeffizienten zu berücksichtigen, sofern ein eventueller Durchmessersprung (Unterschied zwischen den Durchmessern) zwischen zwei beliebigen Rohrstücken 0,3 % des Mittelwertes von D nach 6.4.2 nicht überschreitet. Darüber hinaus darf die durch ungenaue Ausrichtung bzw. Durchmessersprung verursachte Durchmesser Differenz an keiner Stelle des Rohrrinnenumfangs 0,3 % von D überschreiten. Daher müssen bei Flanschverbindungen die Bohrungen genau zueinander passen und die Flansche beim Einbau genau ausgerichtet werden. Hierzu können Passstifte oder selbstzentrierende Dichtungen verwendet werden.

Für den Bereich von mehr als $10D$ von der Blende (siehe [12]) ist keine zusätzliche Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten zu berücksichtigen, wenn der Durchmessersprung (Durchmesser Differenz) zwischen zwei beliebigen Rohrstücken 2 % des Mittelwertes von D nach 6.4.2 nicht überschreitet. Darüber hinaus darf die durch ungenaue Ausrichtung bzw. Durchmessersprung verursachte Durchmesser Differenz an keiner Stelle des Rohrrinnenumfangs 2 % von D überschreiten. Ist der Rohrrinnendurchmesser stromaufwärts des Durchmessersprungs größer als der Rohrrinnendurchmesser stromabwärts, sind Durchmesser Differenzen der tatsächlichen Durchmessersprünge von 2 % bis 6 % von D zulässig. Auf jeder Seite des Durchmessersprungs muss das Rohr einen Innendurchmesser zwischen $0,98D$ und $1,06D$ aufweisen. Im Bereich von mehr als $10D$ vor der Blende gilt diese Anforderung auch bei Verwendung von Dichtungen zwischen Rohrpasstücken, wenn diese eine Dicke von 3,2 mm nicht überschreiten und nicht in den Strömungsbereich hineinragen, als erfüllt.

An einer Position, die jenseits $10D$ vor der Blende liegt und darüber hinaus stromaufwärts der erstmöglichen Position, für einen Diffusor entsprechend der Spalte 10 A der Tabelle 3, angeordnet werden kann, ist keine zusätzliche Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten zu berücksichtigen, wenn der dortige Durchmessersprung (Durchmesser Differenz) zwischen zwei beliebigen Rohrstücken 6 % des arithmetischen Mittelwertes von D nach 6.4.2 nicht überschreitet. Darüber hinaus darf die durch ungenaue Ausrichtung bzw. Durchmessersprung verursachte Durchmesser Differenz an keiner Stelle des Rohrrinnenumfangs 6 % von D überschreiten. Auf jeder Seite des Durchmessersprungs muss das Rohr einen Innendurchmesser zwischen $0,94D$ und $1,06D$ aufweisen. Der erste Einbauort, an dem ein Diffusor entsprechend der Spalte 10 A der Tabelle 3 angeordnet werden kann, hängt vom Durchmesser Verhältnis der Blende ab, z. B. beträgt dieser Abstand $26D$ für eine Blende mit $\beta = 0,6$.

6.4.4 Eine Zusatzunsicherheit von 0,2 % muss arithmetisch zur Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten hinzuaddiert werden, falls der Durchmessersprung (ΔD) zwischen zwei Rohrpasstücken größer ist als in 6.4.3 festgelegt, jedoch die nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:

$$\frac{\Delta D}{D} < 0,002 \left(\frac{\frac{s}{D} + 0,4}{0,1 + 2,3\beta^4} \right)$$

und

$$\frac{\Delta D}{D} < 0,05$$

wobei s der Abstand des Durchmessersprungs von der Plus-Druckentnahme oder bei Verwendung eines Fassungsringes von der einlaufseitigen Kante des durch den Fassungsring gebildeten Rücksprungs ist.

6.4.5 Überschreitet der Durchmessersprung die in 6.4.4 gegebenen Ungleichungsgrenzen oder liegen mehrere Durchmessersprünge außerhalb der Grenzen nach 6.4.3 vor, so entsprechen die Einbauverhältnisse nicht den Festlegungen dieses Teiles von ISO 5167.

6.4.6 Kein Durchmesser der geraden Rohrstrecke im Auslauf der Blende innerhalb der Länge von $2D$, von der Anströmseite der Blende an gerechnet, darf um mehr als 3 % vom mittleren Durchmesser D des Einlaufrohres abweichen. Es genügt, einen einzelnen Durchmesser der geraden Auslaufstrecke zu prüfen. Bei Flanschverbindungen müssen die Bohrungen genau zueinander passen und die Flansche müssen beim Einbau genau ausgerichtet werden. Hierzu können Passstifte oder selbstzentrierende Dichtungen verwendet werden.

6.5 Anordnung von Blende und Fassungsringen

6.5.1 Die Blende muss so in die Rohrleitung eingebaut sein, dass die Strömung von der Einlauf- zur Auslaufseite erfolgt.

6.5.2 Die Blende muss innerhalb einer maximalen Abweichung von 1° senkrecht zur Rohrachse angeordnet sein.

6.5.3 Die Blende muss in der Rohrleitung zentriert sein. Die Exzentrizität e_c zwischen der Achse der Blende und den Achsen des Einlauf- und Auslaufrohres muss gemessen werden. Daneben müssen für jede Druckentnahme die Entfernungskomponenten zwischen der Achse der Blende und der Achse des Rohres, in dem die Druckentnahme angeordnet ist, parallel und senkrecht zur Achse der Druckentnahme ermittelt werden.

Für die Komponente e_{cl} in der parallel zur Druckentnahme verlaufenden Richtung muss für jede Druckentnahme

$$e_{cl} \leq \frac{0,0025D}{0,1 + 2,3\beta^4}$$

gelten.

Für die Komponente e_{cn} in der senkrecht zur Druckentnahmeachse verlaufenden Richtung muss für jede Druckentnahme

$$e_{cn} \leq \frac{0,005D}{0,1 + 2,3\beta^4}$$

erfüllt sein.

Für den Fall, dass bei einer Druckentnahme oder mehreren Druckentnahmen

$$\frac{0,0025D}{0,1+2,3\beta^4} < e_{cl} \leq \frac{0,005D}{0,1+2,3\beta^4}$$

gilt, muss eine Zusatzunsicherheit im Betrag von 0,3 % zur Unsicherheit des Durchflusskoeffizienten C arithmetisch hinzuaddiert werden. Diese Zusatzunsicherheit muss nur einmal addiert werden, selbst wenn die vorgenannte Ungleichung für mehrere Druckentnahmen zutrifft.

Für den Fall, dass bei irgendeiner Druckentnahme

$$\text{entweder } e_{cl} \text{ oder } e_{cn} > \frac{0,005D}{0,1+2,3\beta^4}$$

ist, gibt dieser Teil von ISO 5167 keinerlei Hinweis zur Bestimmung einer zusätzlichen Unsicherheit aufgrund einer nicht gegebenen Konzentrizität.

6.5.4 Werden Fassungsringe verwendet, müssen sie so zentriert sein, dass sie an keiner Stelle in das Rohr hineinragen.

6.6 Halterungen und Dichtungen

6.6.1 Die Halterungen und Dichtungen müssen so ausgeführt sein, dass die normgerechte Einbaulage der Blende im Betrieb erhalten bleibt.

Bei Einbau einer Blende zwischen Flanschen muss gegebenenfalls für eine freie thermische Ausdehnung gesorgt sein, um ein Verwerfen, Durchbiegen oder eine sonstige Beschädigung der Blende zu vermeiden.

6.6.2 Dichtungen müssen so hergestellt und montiert werden, dass sie an keiner Stelle in das Rohrinne hineinragen oder Druckentnahmebohrungen bzw. Schlitze bei Eck-Druckentnahmen verdecken. Sie müssen so dünn wie möglich sein und sich an den in 5.2 für Blenden festgelegten Angaben orientieren.

6.6.3 Dichtungen zwischen Blende und Ringkammer dürfen nicht in letztere hineinragen.

Anhang A (informativ)

Tabellen der Durchflusskoeffizienten und Expansionszahlen

Tabelle A.1 — Blenden mit Eck-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D \geq 71,12$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6006	0,5990	0,5980	0,5976	0,5972	0,5970	0,5969	0,5966	0,5965	0,5964	0,5964	0,5964
0,12	0,6014	0,5995	0,5983	0,5979	0,5975	0,5973	0,5971	0,5968	0,5966	0,5965	0,5965	0,5965
0,14	0,6021	0,6000	0,5987	0,5982	0,5977	0,5975	0,5973	0,5969	0,5968	0,5966	0,5966	0,5966
0,16	0,6028	0,6005	0,5991	0,5985	0,5980	0,5978	0,5976	0,5971	0,5969	0,5968	0,5968	0,5968
0,18	0,6036	0,6011	0,5995	0,5989	0,5983	0,5981	0,5978	0,5974	0,5971	0,5970	0,5970	0,5969
0,20	0,6045	0,6017	0,6000	0,5993	0,5987	0,5984	0,5981	0,5976	0,5974	0,5972	0,5972	0,5971
0,22	0,6053	0,6023	0,6005	0,5998	0,5991	0,5987	0,5985	0,5979	0,5976	0,5974	0,5974	0,5974
0,24	0,6062	0,6030	0,6010	0,6002	0,5995	0,5991	0,5988	0,5982	0,5979	0,5977	0,5976	0,5976
0,26	0,6072	0,6038	0,6016	0,6007	0,5999	0,5996	0,5992	0,5986	0,5982	0,5980	0,5979	0,5979
0,28	0,6083	0,6046	0,6022	0,6013	0,6004	0,6000	0,5997	0,5990	0,5986	0,5983	0,5982	0,5981
0,30	0,6095	0,6054	0,6029	0,6019	0,6010	0,6005	0,6001	0,5994	0,5989	0,5986	0,5985	0,5984
0,32	0,6107	0,6063	0,6036	0,6026	0,6016	0,6011	0,6006	0,5998	0,5993	0,5990	0,5988	0,5987
0,34	0,6120	0,6073	0,6044	0,6033	0,6022	0,6017	0,6012	0,6003	0,5998	0,5993	0,5992	0,5991
0,36	0,6135	0,6084	0,6053	0,6040	0,6029	0,6023	0,6018	0,6008	0,6002	0,5997	0,5996	0,5994
0,38	0,6151	0,6096	0,6062	0,6049	0,6036	0,6030	0,6024	0,6013	0,6007	0,6001	0,5999	0,5998
0,40	0,6168	0,6109	0,6072	0,6058	0,6044	0,6037	0,6031	0,6019	0,6012	0,6006	0,6003	0,6001
0,42	0,6187	0,6122	0,6083	0,6067	0,6052	0,6044	0,6038	0,6025	0,6017	0,6010	0,6007	0,6005
0,44	0,6207	0,6137	0,6094	0,6077	0,6061	0,6052	0,6045	0,6031	0,6022	0,6014	0,6011	0,6008
0,46	0,6228	0,6152	0,6106	0,6087	0,6070	0,6061	0,6053	0,6037	0,6027	0,6019	0,6015	0,6012
0,48	0,6251	0,6169	0,6118	0,6098	0,6079	0,6069	0,6061	0,6043	0,6033	0,6023	0,6019	0,6015
0,50	0,6276	0,6186	0,6131	0,6109	0,6088	0,6078	0,6069	0,6050	0,6038	0,6027	0,6022	0,6018
0,51	0,6289	0,6195	0,6138	0,6115	0,6093	0,6082	0,6073	0,6053	0,6040	0,6029	0,6024	0,6019
0,52	0,6302	0,6204	0,6144	0,6121	0,6098	0,6087	0,6077	0,6056	0,6043	0,6030	0,6025	0,6020
0,53	0,6316	0,6213	0,6151	0,6126	0,6103	0,6091	0,6080	0,6059	0,6045	0,6032	0,6026	0,6021
0,54	0,6330	0,6223	0,6158	0,6132	0,6108	0,6095	0,6084	0,6061	0,6047	0,6033	0,6027	0,6021
0,55	0,6344	0,6232	0,6165	0,6138	0,6112	0,6099	0,6088	0,6064	0,6049	0,6034	0,6028	0,6022
0,56	—	0,6242	0,6172	0,6143	0,6117	0,6103	0,6091	0,6066	0,6050	0,6035	0,6028	0,6022
0,57	—	0,6252	0,6179	0,6149	0,6121	0,6107	0,6095	0,6069	0,6052	0,6036	0,6028	0,6022
0,58	—	0,6262	0,6185	0,6155	0,6126	0,6111	0,6098	0,6070	0,6053	0,6036	0,6028	0,6021
0,59	—	0,6272	0,6192	0,6160	0,6130	0,6114	0,6101	0,6072	0,6054	0,6036	0,6028	0,6020

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	0,6282	0,6198	0,6165	0,6134	0,6117	0,6103	0,6073	0,6054	0,6035	0,6027	0,6019
0,61	—	0,6292	0,6205	0,6170	0,6137	0,6120	0,6106	0,6074	0,6054	0,6034	0,6025	0,6017
0,62	—	0,6302	0,6211	0,6175	0,6140	0,6123	0,6108	0,6075	0,6054	0,6033	0,6023	0,6014
0,63	—	0,6312	0,6217	0,6179	0,6143	0,6125	0,6109	0,6075	0,6052	0,6030	0,6021	0,6011
0,64	—	0,6321	0,6222	0,6183	0,6145	0,6126	0,6110	0,6074	0,6051	0,6028	0,6017	0,6007
0,65	—	0,6331	0,6227	0,6186	0,6147	0,6127	0,6110	0,6073	0,6048	0,6024	0,6013	0,6002
0,66	—	0,6340	0,6232	0,6189	0,6148	0,6128	0,6110	0,6071	0,6045	0,6020	0,6008	0,5997
0,67	—	0,6348	0,6236	0,6191	0,6149	0,6127	0,6108	0,6068	0,6041	0,6014	0,6002	0,5990
0,68	—	0,6357	0,6239	0,6193	0,6149	0,6126	0,6106	0,6064	0,6036	0,6008	0,5995	0,5983
0,69	—	0,6364	0,6242	0,6193	0,6147	0,6124	0,6104	0,6059	0,6030	0,6001	0,5987	0,5974
0,70	—	0,6372	0,6244	0,6193	0,6145	0,6121	0,6100	0,6053	0,6023	0,5992	0,5978	0,5964
0,71	—	0,6378	0,6245	0,6192	0,6142	0,6117	0,6094	0,6046	0,6014	0,5982	0,5967	0,5953
0,72	—	0,6383	0,6244	0,6189	0,6138	0,6111	0,6088	0,6038	0,6005	0,5971	0,5955	0,5940
0,73	—	0,6388	0,6243	0,6186	0,6132	0,6104	0,6080	0,6028	0,5993	0,5958	0,5942	0,5926
0,74	—	0,6391	0,6240	0,6181	0,6125	0,6096	0,6071	0,6016	0,5980	0,5943	0,5926	0,5910
0,75	—	0,6394	0,6236	0,6174	0,6116	0,6086	0,6060	0,6003	0,5965	0,5927	0,5909	0,5892

ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig

Tabelle A.2 — Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D \geq 71,12$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6003	0,5987	0,5977	0,5973	0,5969	0,5967	0,5966	0,5963	0,5962	0,5961	0,5961	0,5960
0,12	0,6010	0,5991	0,5979	0,5975	0,5971	0,5969	0,5967	0,5964	0,5962	0,5961	0,5961	0,5961
0,14	0,6016	0,5995	0,5982	0,5977	0,5972	0,5970	0,5968	0,5965	0,5963	0,5962	0,5961	0,5961
0,16	0,6023	0,6000	0,5985	0,5980	0,5974	0,5972	0,5970	0,5966	0,5964	0,5962	0,5962	0,5962
0,18	0,6029	0,6004	0,5989	0,5982	0,5977	0,5974	0,5971	0,5967	0,5965	0,5963	0,5963	0,5963
0,20	0,6037	0,6009	0,5992	0,5985	0,5979	0,5976	0,5974	0,5969	0,5966	0,5964	0,5964	0,5964
0,22	0,6044	0,6015	0,5996	0,5989	0,5982	0,5979	0,5976	0,5971	0,5968	0,5966	0,5965	0,5965
0,24	0,6053	0,6021	0,6001	0,5993	0,5985	0,5982	0,5979	0,5973	0,5970	0,5967	0,5967	0,5966
0,26	0,6062	0,6027	0,6006	0,5997	0,5989	0,5985	0,5982	0,5975	0,5972	0,5969	0,5969	0,5968
0,28	0,6072	0,6034	0,6011	0,6002	0,5993	0,5989	0,5985	0,5978	0,5975	0,5972	0,5971	0,5970
0,30	0,6082	0,6042	0,6017	0,6007	0,5998	0,5993	0,5989	0,5982	0,5978	0,5974	0,5973	0,5973
0,32	0,6094	0,6051	0,6024	0,6013	0,6003	0,5998	0,5994	0,5986	0,5981	0,5977	0,5976	0,5975
0,34	0,6107	0,6060	0,6031	0,6020	0,6009	0,6004	0,5999	0,5990	0,5985	0,5981	0,5979	0,5978
0,36	0,6121	0,6071	0,6040	0,6027	0,6016	0,6010	0,6005	0,5995	0,5989	0,5984	0,5983	0,5981
0,38	0,6137	0,6082	0,6049	0,6035	0,6023	0,6016	0,6011	0,6000	0,5994	0,5988	0,5986	0,5985
0,40	0,6153	0,6095	0,6059	0,6044	0,6031	0,6024	0,6018	0,6006	0,5999	0,5993	0,5991	0,5989
0,42	0,6172	0,6109	0,6070	0,6054	0,6039	0,6032	0,6025	0,6012	0,6005	0,5998	0,5995	0,5993
0,44	0,6192	0,6124	0,6082	0,6065	0,6049	0,6041	0,6034	0,6019	0,6011	0,6003	0,6000	0,5997
0,46	0,6214	0,6140	0,6094	0,6076	0,6059	0,6050	0,6042	0,6027	0,6017	0,6008	0,6005	0,6002
0,48	0,6238	0,6157	0,6108	0,6088	0,6070	0,6060	0,6052	0,6035	0,6024	0,6014	0,6010	0,6006
0,50	0,6264	0,6176	0,6123	0,6101	0,6081	0,6071	0,6062	0,6043	0,6031	0,6020	0,6016	0,6011
0,51	0,6278	0,6186	0,6131	0,6108	0,6087	0,6076	0,6067	0,6047	0,6035	0,6023	0,6019	0,6014
0,52	0,6292	0,6197	0,6139	0,6115	0,6093	0,6082	0,6072	0,6052	0,6039	0,6027	0,6021	0,6016
0,53	0,6307	0,6207	0,6147	0,6123	0,6100	0,6088	0,6078	0,6056	0,6043	0,6030	0,6024	0,6019
0,54	0,6322	0,6218	0,6155	0,6130	0,6106	0,6094	0,6083	0,6061	0,6047	0,6033	0,6027	0,6021
0,55	0,6337	0,6229	0,6164	0,6138	0,6113	0,6100	0,6089	0,6065	0,6050	0,6036	0,6030	0,6024
0,56	—	0,6241	0,6173	0,6145	0,6119	0,6106	0,6095	0,6070	0,6054	0,6039	0,6032	0,6026
0,57	—	0,6253	0,6182	0,6153	0,6126	0,6112	0,6100	0,6075	0,6058	0,6042	0,6035	0,6028
0,58	—	0,6265	0,6191	0,6161	0,6133	0,6119	0,6106	0,6079	0,6062	0,6045	0,6038	0,6030
0,59	—	0,6277	0,6200	0,6169	0,6140	0,6125	0,6112	0,6084	0,6066	0,6048	0,6040	0,6032

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	0,6290	0,6210	0,6177	0,6147	0,6131	0,6118	0,6088	0,6070	0,6051	0,6042	0,6034
0,61	—	0,6303	0,6219	0,6186	0,6154	0,6138	0,6124	0,6093	0,6073	0,6053	0,6044	0,6036
0,62	—	0,6316	0,6229	0,6194	0,6161	0,6144	0,6129	0,6097	0,6077	0,6056	0,6046	0,6037
0,63	—	0,6329	0,6238	0,6202	0,6168	0,6150	0,6135	0,6102	0,6080	0,6058	0,6048	0,6039
0,64	—	0,6343	0,6248	0,6210	0,6175	0,6156	0,6140	0,6106	0,6083	0,6060	0,6050	0,6039
0,65	—	0,6356	0,6258	0,6219	0,6182	0,6162	0,6146	0,6109	0,6086	0,6062	0,6051	0,6040
0,66	—	0,6370	0,6268	0,6227	0,6188	0,6168	0,6151	0,6113	0,6088	0,6063	0,6051	0,6040
0,67	—	0,6384	0,6277	0,6235	0,6195	0,6174	0,6156	0,6116	0,6090	0,6064	0,6052	0,6040
0,68	—	0,6398	0,6287	0,6243	0,6201	0,6179	0,6161	0,6120	0,6092	0,6065	0,6052	0,6039
0,69	—	0,6411	0,6296	0,6250	0,6207	0,6185	0,6165	0,6122	0,6094	0,6065	0,6051	0,6038
0,70	—	0,6425	0,6305	0,6258	0,6213	0,6189	0,6169	0,6125	0,6095	0,6065	0,6051	0,6037
0,71	—	0,6439	0,6315	0,6265	0,6218	0,6194	0,6173	0,6127	0,6096	0,6064	0,6049	0,6035
0,72	—	0,6453	0,6323	0,6272	0,6223	0,6198	0,6176	0,6128	0,6096	0,6063	0,6047	0,6032
0,73	—	0,6467	0,6332	0,6279	0,6228	0,6202	0,6179	0,6129	0,6096	0,6061	0,6045	0,6029
0,74	—	0,6480	0,6340	0,6285	0,6233	0,6206	0,6182	0,6130	0,6095	0,6059	0,6042	0,6025
0,75	—	0,6494	0,6349	0,6291	0,6237	0,6209	0,6184	0,6130	0,6094	0,6056	0,6038	0,6021
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig												

Tabelle A.3 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 50$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,25	0,6102	0,6069	0,6048	0,6040	0,6032	0,6029	0,6025	0,6019	0,6016	0,6014	0,6013	0,6012
0,26	0,6106	0,6071	0,6050	0,6041	0,6033	0,6029	0,6026	0,6020	0,6016	0,6014	0,6013	0,6012
0,28	0,6114	0,6076	0,6053	0,6044	0,6035	0,6031	0,6028	0,6021	0,6017	0,6014	0,6013	0,6012
0,30	0,6123	0,6082	0,6057	0,6047	0,6038	0,6034	0,6030	0,6022	0,6018	0,6015	0,6014	0,6013
0,32	0,6132	0,6089	0,6062	0,6052	0,6042	0,6037	0,6032	0,6024	0,6019	0,6016	0,6014	0,6013
0,34	0,6143	0,6097	0,6068	0,6056	0,6045	0,6040	0,6035	0,6026	0,6021	0,6017	0,6016	0,6014
0,36	0,6155	0,6105	0,6074	0,6062	0,6050	0,6044	0,6039	0,6029	0,6023	0,6019	0,6017	0,6016
0,38	0,6169	0,6115	0,6081	0,6068	0,6055	0,6049	0,6043	0,6032	0,6026	0,6021	0,6019	0,6017
0,40	0,6184	0,6125	0,6089	0,6075	0,6061	0,6054	0,6048	0,6036	0,6029	0,6023	0,6021	0,6019
0,42	0,6200	0,6137	0,6098	0,6082	0,6068	0,6060	0,6054	0,6041	0,6033	0,6026	0,6023	0,6021
0,44	0,6219	0,6150	0,6108	0,6091	0,6075	0,6067	0,6060	0,6045	0,6037	0,6029	0,6026	0,6023
0,46	0,6239	0,6164	0,6119	0,6100	0,6083	0,6074	0,6067	0,6051	0,6041	0,6033	0,6029	0,6026
0,48	0,6260	0,6180	0,6130	0,6110	0,6092	0,6082	0,6074	0,6057	0,6046	0,6036	0,6032	0,6028
0,50	0,6284	0,6196	0,6143	0,6121	0,6101	0,6091	0,6082	0,6063	0,6051	0,6040	0,6036	0,6031
0,51	0,6297	0,6205	0,6149	0,6127	0,6106	0,6095	0,6086	0,6066	0,6054	0,6042	0,6037	0,6033
0,52	0,6310	0,6214	0,6156	0,6133	0,6111	0,6100	0,6090	0,6069	0,6056	0,6044	0,6039	0,6034
0,53	0,6324	0,6224	0,6163	0,6139	0,6116	0,6105	0,6094	0,6073	0,6059	0,6046	0,6041	0,6035
0,54	0,6338	0,6234	0,6171	0,6145	0,6122	0,6109	0,6099	0,6076	0,6062	0,6048	0,6042	0,6037
0,55	0,6352	0,6244	0,6178	0,6152	0,6127	0,6114	0,6103	0,6080	0,6065	0,6050	0,6044	0,6038
0,56	0,6367	0,6254	0,6186	0,6159	0,6133	0,6119	0,6108	0,6083	0,6067	0,6052	0,6045	0,6039
0,57	0,6383	0,6265	0,6194	0,6165	0,6138	0,6124	0,6112	0,6087	0,6070	0,6054	0,6047	0,6040
0,58	0,6399	0,6276	0,6202	0,6172	0,6144	0,6130	0,6117	0,6090	0,6073	0,6056	0,6048	0,6041
0,59	0,6416	0,6287	0,6210	0,6179	0,6150	0,6135	0,6122	0,6093	0,6075	0,6058	0,6050	0,6042
0,60	0,6433	0,6299	0,6218	0,6186	0,6155	0,6140	0,6126	0,6097	0,6078	0,6059	0,6051	0,6043
0,61	0,6450	0,6310	0,6227	0,6193	0,6161	0,6145	0,6131	0,6100	0,6080	0,6060	0,6051	0,6043
0,62	0,6468	0,6322	0,6235	0,6200	0,6167	0,6150	0,6135	0,6103	0,6082	0,6062	0,6052	0,6043
0,63	0,6486	0,6334	0,6243	0,6207	0,6173	0,6155	0,6139	0,6106	0,6084	0,6062	0,6053	0,6043
0,64	0,6505	0,6347	0,6252	0,6214	0,6178	0,6160	0,6144	0,6109	0,6086	0,6063	0,6053	0,6043
0,65	0,6524	0,6359	0,6260	0,6221	0,6184	0,6164	0,6148	0,6111	0,6088	0,6064	0,6053	0,6042
0,66	0,6544	0,6371	0,6269	0,6228	0,6189	0,6169	0,6152	0,6114	0,6089	0,6064	0,6052	0,6041
0,67	0,6564	0,6384	0,6277	0,6234	0,6194	0,6173	0,6155	0,6116	0,6090	0,6063	0,6051	0,6039
0,68	0,6584	0,6396	0,6285	0,6241	0,6199	0,6177	0,6158	0,6117	0,6090	0,6062	0,6050	0,6037
0,69	0,6604	0,6409	0,6293	0,6247	0,6204	0,6181	0,6161	0,6119	0,6090	0,6061	0,6048	0,6035

Tabelle A.3 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,70	0,6625	0,6421	0,6301	0,6253	0,6208	0,6185	0,6164	0,6120	0,6090	0,6060	0,6045	0,6032
0,71	0,6646	0,6434	0,6309	0,6259	0,6212	0,6188	0,6166	0,6120	0,6089	0,6057	0,6043	0,6028
0,72	0,6667	0,6446	0,6316	0,6265	0,6216	0,6190	0,6168	0,6120	0,6088	0,6055	0,6039	0,6024
0,73	0,6689	0,6459	0,6323	0,6270	0,6219	0,6193	0,6170	0,6120	0,6086	0,6051	0,6035	0,6019
0,74	0,6710	0,6471	0,6330	0,6275	0,6222	0,6195	0,6171	0,6119	0,6084	0,6047	0,6030	0,6014
0,75	0,6732	0,6483	0,6337	0,6279	0,6224	0,6196	0,6171	0,6117	0,6081	0,6043	0,6025	0,6008

ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.

Tabelle A.4 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 75$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,17	0,6027	0,6003	0,5988	0,5982	0,5977	0,5974	0,5972	0,5967	0,5965	0,5964	0,5964	0,5963
0,18	0,6031	0,6005	0,5990	0,5984	0,5978	0,5975	0,5973	0,5968	0,5966	0,5964	0,5964	0,5964
0,20	0,6038	0,6011	0,5994	0,5987	0,5981	0,5977	0,5975	0,5970	0,5967	0,5966	0,5965	0,5965
0,22	0,6046	0,6016	0,5998	0,5990	0,5984	0,5980	0,5977	0,5972	0,5969	0,5967	0,5967	0,5966
0,24	0,6054	0,6022	0,6002	0,5994	0,5987	0,5983	0,5980	0,5974	0,5971	0,5969	0,5969	0,5968
0,26	0,6064	0,6029	0,6007	0,5999	0,5991	0,5987	0,5984	0,5977	0,5974	0,5971	0,5970	0,5970
0,28	0,6074	0,6036	0,6013	0,6004	0,5995	0,5991	0,5987	0,5980	0,5976	0,5974	0,5973	0,5972
0,30	0,6084	0,6044	0,6019	0,6009	0,6000	0,5995	0,5991	0,5984	0,5979	0,5976	0,5975	0,5974
0,32	0,6096	0,6053	0,6026	0,6015	0,6005	0,6000	0,5996	0,5988	0,5983	0,5979	0,5978	0,5977
0,34	0,6109	0,6062	0,6033	0,6022	0,6011	0,6006	0,6001	0,5992	0,5987	0,5983	0,5981	0,5980
0,36	0,6123	0,6073	0,6042	0,6029	0,6017	0,6012	0,6007	0,5997	0,5991	0,5986	0,5984	0,5983
0,38	0,6139	0,6084	0,6051	0,6037	0,6025	0,6018	0,6013	0,6002	0,5995	0,5990	0,5988	0,5986
0,40	0,6155	0,6097	0,6060	0,6046	0,6032	0,6025	0,6020	0,6008	0,6000	0,5994	0,5992	0,5990
0,42	0,6174	0,6110	0,6071	0,6055	0,6041	0,6033	0,6027	0,6014	0,6006	0,5999	0,5996	0,5994
0,44	0,6194	0,6125	0,6083	0,6066	0,6050	0,6042	0,6035	0,6020	0,6012	0,6004	0,6001	0,5998
0,46	0,6216	0,6141	0,6095	0,6077	0,6059	0,6051	0,6043	0,6027	0,6018	0,6009	0,6005	0,6002
0,48	0,6239	0,6158	0,6108	0,6089	0,6070	0,6060	0,6052	0,6035	0,6024	0,6014	0,6010	0,6006
0,50	0,6264	0,6176	0,6123	0,6101	0,6081	0,6070	0,6061	0,6042	0,6031	0,6020	0,6015	0,6011
0,51	0,6278	0,6186	0,6130	0,6107	0,6086	0,6075	0,6066	0,6046	0,6034	0,6022	0,6017	0,6013
0,52	0,6292	0,6196	0,6138	0,6114	0,6092	0,6081	0,6071	0,6050	0,6037	0,6025	0,6020	0,6015
0,53	0,6306	0,6206	0,6145	0,6121	0,6098	0,6086	0,6076	0,6054	0,6041	0,6028	0,6022	0,6017
0,54	0,6321	0,6216	0,6153	0,6128	0,6104	0,6092	0,6081	0,6058	0,6044	0,6030	0,6024	0,6019
0,55	0,6336	0,6227	0,6161	0,6135	0,6110	0,6097	0,6086	0,6062	0,6047	0,6033	0,6027	0,6021
0,56	0,6352	0,6238	0,6170	0,6142	0,6116	0,6103	0,6091	0,6066	0,6051	0,6035	0,6029	0,6022
0,57	0,6368	0,6249	0,6178	0,6149	0,6122	0,6108	0,6096	0,6070	0,6054	0,6038	0,6031	0,6024
0,58	0,6385	0,6261	0,6186	0,6156	0,6128	0,6114	0,6101	0,6074	0,6057	0,6040	0,6032	0,6025
0,59	0,6402	0,6273	0,6195	0,6164	0,6134	0,6119	0,6106	0,6078	0,6060	0,6042	0,6034	0,6026

Tabelle A.4 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	0,6419	0,6284	0,6203	0,6171	0,6140	0,6125	0,6111	0,6082	0,6063	0,6044	0,6035	0,6027
0,61	0,6437	0,6296	0,6212	0,6178	0,6146	0,6130	0,6116	0,6085	0,6065	0,6045	0,6036	0,6028
0,62	0,6455	0,6309	0,6221	0,6186	0,6152	0,6135	0,6120	0,6088	0,6067	0,6047	0,6037	0,6028
0,63	—	0,6321	0,6229	0,6193	0,6158	0,6140	0,6125	0,6091	0,6069	0,6048	0,6038	0,6028
0,64	—	0,6333	0,6238	0,6200	0,6164	0,6145	0,6129	0,6094	0,6071	0,6048	0,6038	0,6028
0,65	—	0,6346	0,6246	0,6207	0,6169	0,6150	0,6133	0,6097	0,6073	0,6049	0,6038	0,6027
0,66	—	0,6358	0,6255	0,6213	0,6174	0,6154	0,6137	0,6099	0,6074	0,6048	0,6037	0,6026
0,67	—	0,6370	0,6263	0,6220	0,6179	0,6158	0,6140	0,6100	0,6074	0,6048	0,6036	0,6024
0,68	—	0,6382	0,6270	0,6226	0,6184	0,6162	0,6143	0,6102	0,6074	0,6046	0,6034	0,6021
0,69	—	0,6395	0,6278	0,6232	0,6188	0,6165	0,6145	0,6102	0,6074	0,6045	0,6031	0,6018
0,70	—	0,6407	0,6285	0,6237	0,6191	0,6168	0,6147	0,6102	0,6073	0,6042	0,6028	0,6014
0,71	—	0,6418	0,6292	0,6242	0,6194	0,6170	0,6148	0,6102	0,6071	0,6039	0,6024	0,6010
0,72	—	0,6430	0,6298	0,6246	0,6197	0,6171	0,6149	0,6101	0,6068	0,6035	0,6019	0,6004
0,73	—	0,6441	0,6304	0,6250	0,6199	0,6172	0,6149	0,6099	0,6065	0,6030	0,6014	0,5998
0,74	—	0,6451	0,6310	0,6253	0,6200	0,6173	0,6149	0,6096	0,6061	0,6025	0,6008	0,5991
0,75	—	0,6462	0,6314	0,6256	0,6201	0,6172	0,6147	0,6093	0,6056	0,6018	0,6000	0,5983
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.												

Tabelle A.5 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 100$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,13	0,6014	0,5994	0,5982	0,5977	0,5973	0,5971	0,5969	0,5966	0,5964	0,5963	0,5962	0,5962
0,14	0,6018	0,5997	0,5984	0,5979	0,5974	0,5972	0,5970	0,5966	0,5964	0,5963	0,5963	0,5963
0,16	0,6025	0,6001	0,5987	0,5981	0,5976	0,5974	0,5972	0,5968	0,5965	0,5964	0,5964	0,5964
0,18	0,6032	0,6006	0,5991	0,5985	0,5979	0,5976	0,5974	0,5969	0,5967	0,5965	0,5965	0,5965
0,20	0,6039	0,6012	0,5995	0,5988	0,5982	0,5979	0,5976	0,5971	0,5969	0,5967	0,5966	0,5966
0,22	0,6047	0,6017	0,5999	0,5992	0,5985	0,5981	0,5979	0,5973	0,5970	0,5969	0,5968	0,5968
0,24	0,6056	0,6024	0,6004	0,5996	0,5988	0,5985	0,5982	0,5976	0,5973	0,5970	0,5970	0,5969
0,26	0,6065	0,6030	0,6009	0,6000	0,5992	0,5988	0,5985	0,5979	0,5975	0,5973	0,5972	0,5971
0,28	0,6075	0,6038	0,6014	0,6005	0,5997	0,5992	0,5989	0,5982	0,5978	0,5975	0,5974	0,5974
0,30	0,6086	0,6046	0,6021	0,6011	0,6002	0,5997	0,5993	0,5985	0,5981	0,5978	0,5977	0,5976
0,32	0,6098	0,6054	0,6028	0,6017	0,6007	0,6002	0,5998	0,5989	0,5985	0,5981	0,5980	0,5979
0,34	0,6111	0,6064	0,6035	0,6024	0,6013	0,6007	0,6003	0,5994	0,5988	0,5984	0,5983	0,5982
0,36	0,6125	0,6075	0,6043	0,6031	0,6019	0,6013	0,6008	0,5998	0,5993	0,5988	0,5986	0,5985
0,38	0,6141	0,6086	0,6052	0,6039	0,6026	0,6020	0,6015	0,6004	0,5997	0,5992	0,5990	0,5988
0,40	0,6157	0,6099	0,6062	0,6048	0,6034	0,6027	0,6021	0,6009	0,6002	0,5996	0,5994	0,5992
0,42	0,6176	0,6112	0,6073	0,6057	0,6042	0,6035	0,6029	0,6015	0,6008	0,6001	0,5998	0,5996
0,44	0,6196	0,6127	0,6084	0,6067	0,6051	0,6043	0,6036	0,6022	0,6013	0,6005	0,6002	0,6000
0,46	0,6217	0,6142	0,6097	0,6078	0,6061	0,6052	0,6044	0,6029	0,6019	0,6010	0,6007	0,6003
0,48	0,6241	0,6159	0,6110	0,6090	0,6071	0,6061	0,6053	0,6036	0,6025	0,6015	0,6011	0,6007
0,50	0,6266	0,6177	0,6124	0,6102	0,6081	0,6071	0,6062	0,6043	0,6031	0,6020	0,6016	0,6011
0,51	0,6279	0,6187	0,6131	0,6108	0,6087	0,6076	0,6067	0,6047	0,6034	0,6023	0,6018	0,6013
0,52	0,6293	0,6197	0,6138	0,6115	0,6092	0,6081	0,6071	0,6051	0,6038	0,6025	0,6020	0,6015
0,53	0,6307	0,6207	0,6146	0,6121	0,6098	0,6086	0,6076	0,6054	0,6041	0,6028	0,6022	0,6017
0,54	0,6322	0,6217	0,6153	0,6128	0,6104	0,6091	0,6081	0,6058	0,6044	0,6030	0,6024	0,6018
0,55	—	0,6227	0,6161	0,6135	0,6109	0,6097	0,6085	0,6062	0,6047	0,6032	0,6026	0,6020
0,56	—	0,6238	0,6169	0,6141	0,6115	0,6102	0,6090	0,6065	0,6050	0,6034	0,6028	0,6021
0,57	—	0,6249	0,6177	0,6148	0,6121	0,6107	0,6095	0,6069	0,6052	0,6036	0,6029	0,6022
0,58	—	0,6260	0,6185	0,6155	0,6127	0,6112	0,6100	0,6072	0,6055	0,6038	0,6031	0,6023
0,59	—	0,6271	0,6193	0,6162	0,6132	0,6117	0,6104	0,6076	0,6058	0,6040	0,6032	0,6024

Tabelle A.5 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	0,6283	0,6201	0,6169	0,6138	0,6122	0,6108	0,6079	0,6060	0,6041	0,6033	0,6025
0,61	—	0,6294	0,6209	0,6176	0,6143	0,6127	0,6113	0,6082	0,6062	0,6042	0,6033	0,6025
0,62	—	0,6306	0,6218	0,6182	0,6149	0,6132	0,6117	0,6085	0,6064	0,6043	0,6033	0,6024
0,63	—	0,6318	0,6226	0,6189	0,6154	0,6136	0,6120	0,6087	0,6065	0,6043	0,6033	0,6024
0,64	—	0,6329	0,6233	0,6195	0,6159	0,6140	0,6124	0,6089	0,6066	0,6043	0,6033	0,6022
0,65	—	0,6341	0,6241	0,6201	0,6163	0,6144	0,6127	0,6091	0,6067	0,6042	0,6031	0,6021
0,66	—	0,6353	0,6249	0,6207	0,6168	0,6148	0,6130	0,6092	0,6067	0,6041	0,6030	0,6019
0,67	—	0,6364	0,6256	0,6212	0,6172	0,6151	0,6132	0,6092	0,6066	0,6040	0,6028	0,6016
0,68	—	0,6375	0,6263	0,6218	0,6175	0,6153	0,6134	0,6093	0,6065	0,6037	0,6025	0,6012
0,69	—	0,6387	0,6269	0,6222	0,6178	0,6155	0,6135	0,6092	0,6063	0,6034	0,6021	0,6008
0,70	—	0,6397	0,6275	0,6226	0,6180	0,6157	0,6136	0,6091	0,6061	0,6031	0,6016	0,6003
0,71	—	0,6408	0,6280	0,6230	0,6182	0,6157	0,6136	0,6089	0,6058	0,6026	0,6011	0,5997
0,72	—	0,6418	0,6285	0,6233	0,6183	0,6157	0,6135	0,6086	0,6054	0,6020	0,6005	0,5990
0,73	—	0,6428	0,6290	0,6235	0,6183	0,6157	0,6133	0,6083	0,6049	0,6014	0,5998	0,5982
0,74	—	0,6437	0,6293	0,6236	0,6183	0,6155	0,6131	0,6078	0,6043	0,6006	0,5989	0,5973
0,75	—	0,6445	0,6296	0,6237	0,6181	0,6153	0,6127	0,6072	0,6036	0,5998	0,5980	0,5962

ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.

Tabelle A.6 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 150$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6005	0,5988	0,5978	0,5974	0,5971	0,5969	0,5967	0,5965	0,5963	0,5962	0,5962	0,5962
0,12	0,6012	0,5993	0,5981	0,5977	0,5973	0,5971	0,5969	0,5966	0,5964	0,5963	0,5963	0,5963
0,14	0,6018	0,5998	0,5985	0,5980	0,5975	0,5973	0,5971	0,5967	0,5965	0,5964	0,5964	0,5964
0,16	0,6025	0,6002	0,5988	0,5982	0,5977	0,5975	0,5973	0,5969	0,5966	0,5965	0,5965	0,5965
0,18	0,6033	0,6007	0,5992	0,5986	0,5980	0,5977	0,5975	0,5970	0,5968	0,5967	0,5966	0,5966
0,20	0,6041	0,6013	0,5996	0,5989	0,5983	0,5980	0,5977	0,5972	0,5970	0,5968	0,5968	0,5967
0,22	0,6049	0,6019	0,6000	0,5993	0,5986	0,5983	0,5980	0,5975	0,5972	0,5970	0,5969	0,5969
0,24	0,6057	0,6025	0,6005	0,5997	0,5990	0,5986	0,5983	0,5977	0,5974	0,5972	0,5971	0,5971
0,26	0,6067	0,6032	0,6011	0,6002	0,5994	0,5990	0,5987	0,5980	0,5977	0,5974	0,5974	0,5973
0,28	0,6077	0,6039	0,6016	0,6007	0,5998	0,5994	0,5991	0,5984	0,5980	0,5977	0,5976	0,5975
0,30	0,6088	0,6048	0,6023	0,6013	0,6003	0,5999	0,5995	0,5987	0,5983	0,5980	0,5979	0,5978
0,32	0,6100	0,6056	0,6030	0,6019	0,6009	0,6004	0,6000	0,5991	0,5987	0,5983	0,5982	0,5981
0,34	0,6113	0,6066	0,6037	0,6026	0,6015	0,6009	0,6005	0,5996	0,5990	0,5986	0,5985	0,5984
0,36	0,6127	0,6077	0,6045	0,6033	0,6021	0,6015	0,6010	0,6000	0,5995	0,5990	0,5988	0,5987
0,38	0,6143	0,6088	0,6054	0,6041	0,6028	0,6022	0,6017	0,6006	0,5999	0,5994	0,5992	0,5990
0,40	0,6160	0,6101	0,6064	0,6050	0,6036	0,6029	0,6023	0,6011	0,6004	0,5998	0,5996	0,5994
0,42	0,6178	0,6114	0,6075	0,6059	0,6044	0,6037	0,6030	0,6017	0,6009	0,6002	0,6000	0,5997
0,44	0,6198	0,6128	0,6086	0,6069	0,6053	0,6045	0,6038	0,6023	0,6015	0,6007	0,6004	0,6001
0,46	—	0,6144	0,6098	0,6079	0,6062	0,6053	0,6046	0,6030	0,6020	0,6011	0,6008	0,6005
0,48	—	0,6160	0,6111	0,6091	0,6072	0,6062	0,6054	0,6036	0,6026	0,6016	0,6012	0,6008
0,50	—	0,6178	0,6124	0,6102	0,6082	0,6071	0,6062	0,6043	0,6031	0,6021	0,6016	0,6012
0,51	—	0,6187	0,6131	0,6108	0,6087	0,6076	0,6067	0,6047	0,6034	0,6023	0,6018	0,6013
0,52	—	0,6197	0,6138	0,6114	0,6092	0,6081	0,6071	0,6050	0,6037	0,6025	0,6020	0,6015
0,53	—	0,6206	0,6145	0,6121	0,6097	0,6086	0,6075	0,6054	0,6040	0,6027	0,6021	0,6016
0,54	—	0,6216	0,6153	0,6127	0,6103	0,6090	0,6080	0,6057	0,6042	0,6029	0,6023	0,6017
0,55	—	0,6226	0,6160	0,6133	0,6108	0,6095	0,6084	0,6060	0,6045	0,6031	0,6024	0,6018
0,56	—	0,6237	0,6167	0,6140	0,6113	0,6100	0,6088	0,6063	0,6047	0,6032	0,6025	0,6019
0,57	—	0,6247	0,6175	0,6146	0,6119	0,6105	0,6092	0,6066	0,6050	0,6034	0,6026	0,6020
0,58	—	0,6258	0,6182	0,6152	0,6124	0,6109	0,6096	0,6069	0,6052	0,6035	0,6027	0,6020
0,59	—	0,6269	0,6190	0,6159	0,6129	0,6114	0,6100	0,6072	0,6054	0,6036	0,6028	0,6020

Tabelle A.6 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	0,6280	0,6198	0,6165	0,6134	0,6118	0,6104	0,6074	0,6055	0,6036	0,6028	0,6020
0,61	—	0,6290	0,6205	0,6171	0,6138	0,6122	0,6107	0,6076	0,6056	0,6037	0,6028	0,6019
0,62	—	0,6301	0,6212	0,6177	0,6143	0,6126	0,6111	0,6078	0,6057	0,6036	0,6027	0,6018
0,63	—	—	0,6219	0,6182	0,6147	0,6129	0,6114	0,6080	0,6058	0,6036	0,6026	0,6016
0,64	—	—	0,6226	0,6188	0,6151	0,6132	0,6116	0,6081	0,6058	0,6035	0,6024	0,6014
0,65	—	—	0,6233	0,6193	0,6155	0,6135	0,6118	0,6081	0,6057	0,6033	0,6022	0,6011
0,66	—	—	0,6239	0,6197	0,6158	0,6138	0,6120	0,6081	0,6056	0,6031	0,6019	0,6008
0,67	—	—	0,6245	0,6202	0,6160	0,6139	0,6121	0,6081	0,6054	0,6028	0,6016	0,6004
0,68	—	—	0,6251	0,6205	0,6162	0,6140	0,6121	0,6079	0,6052	0,6024	0,6011	0,5999
0,69	—	—	0,6256	0,6209	0,6164	0,6141	0,6121	0,6077	0,6049	0,6019	0,6006	0,5993
0,70	—	—	0,6260	0,6211	0,6165	0,6141	0,6120	0,6074	0,6044	0,6014	0,6000	0,5986
0,71	—	—	0,6264	0,6213	0,6165	0,6140	0,6118	0,6071	0,6039	0,6007	0,5993	0,5978
0,72	—	—	0,6267	0,6214	0,6164	0,6138	0,6115	0,6066	0,6033	0,6000	0,5984	0,5969
0,73	—	—	0,6269	0,6214	0,6162	0,6135	0,6111	0,6060	0,6026	0,5991	0,5975	0,5959
0,74	—	—	0,6271	0,6213	0,6159	0,6131	0,6106	0,6053	0,6017	0,5981	0,5964	0,5947
0,75	—	—	0,6271	0,6211	0,6154	0,6125	0,6100	0,6044	0,6007	0,5969	0,5951	0,5934
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.												

Tabelle A.7 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 200$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6005	0,5989	0,5979	0,5975	0,5971	0,5969	0,5968	0,5965	0,5963	0,5963	0,5962	0,5962
0,12	0,6012	0,5993	0,5982	0,5977	0,5973	0,5971	0,5969	0,5966	0,5964	0,5963	0,5963	0,5963
0,14	0,6019	0,5998	0,5985	0,5980	0,5975	0,5973	0,5971	0,5967	0,5966	0,5964	0,5964	0,5964
0,16	0,6026	0,6003	0,5989	0,5983	0,5978	0,5975	0,5973	0,5969	0,5967	0,5966	0,5965	0,5965
0,18	0,6033	0,6008	0,5993	0,5986	0,5981	0,5978	0,5975	0,5971	0,5969	0,5967	0,5967	0,5967
0,20	0,6041	0,6014	0,5997	0,5990	0,5984	0,5981	0,5978	0,5973	0,5971	0,5969	0,5968	0,5968
0,22	0,6050	0,6020	0,6001	0,5994	0,5987	0,5984	0,5981	0,5976	0,5973	0,5971	0,5970	0,5970
0,24	0,6058	0,6026	0,6006	0,5998	0,5991	0,5987	0,5984	0,5978	0,5975	0,5973	0,5972	0,5972
0,26	0,6068	0,6033	0,6011	0,6003	0,5995	0,5991	0,5988	0,5981	0,5978	0,5975	0,5975	0,5974
0,28	0,6078	0,6041	0,6017	0,6008	0,6000	0,5995	0,5992	0,5985	0,5981	0,5978	0,5977	0,5976
0,30	0,6089	0,6049	0,6024	0,6014	0,6005	0,6000	0,5996	0,5988	0,5984	0,5981	0,5980	0,5979
0,32	0,6101	0,6058	0,6031	0,6020	0,6010	0,6005	0,6001	0,5992	0,5988	0,5984	0,5983	0,5982
0,34	0,6114	0,6067	0,6038	0,6027	0,6016	0,6011	0,6006	0,5997	0,5992	0,5987	0,5986	0,5985
0,36	0,6128	0,6078	0,6047	0,6034	0,6022	0,6017	0,6012	0,6002	0,5996	0,5991	0,5989	0,5988
0,38	0,6144	0,6089	0,6056	0,6042	0,6029	0,6023	0,6018	0,6007	0,6000	0,5995	0,5993	0,5991
0,40	—	0,6102	0,6065	0,6051	0,6037	0,6030	0,6024	0,6012	0,6005	0,5999	0,5997	0,5995
0,42	—	0,6115	0,6076	0,6060	0,6045	0,6038	0,6031	0,6018	0,6010	0,6003	0,6001	0,5998
0,44	—	0,6129	0,6087	0,6070	0,6054	0,6045	0,6038	0,6024	0,6015	0,6008	0,6004	0,6002
0,46	—	0,6145	0,6099	0,6080	0,6063	0,6054	0,6046	0,6030	0,6021	0,6012	0,6008	0,6005
0,48	—	0,6161	0,6111	0,6091	0,6072	0,6062	0,6054	0,6037	0,6026	0,6016	0,6012	0,6009
0,50	—	0,6179	0,6124	0,6102	0,6082	0,6071	0,6062	0,6043	0,6032	0,6021	0,6016	0,6012
0,51	—	0,6188	0,6131	0,6108	0,6087	0,6076	0,6067	0,6047	0,6034	0,6023	0,6018	0,6013
0,52	—	0,6197	0,6138	0,6114	0,6092	0,6081	0,6071	0,6050	0,6037	0,6025	0,6019	0,6014
0,53	—	0,6206	0,6145	0,6120	0,6097	0,6085	0,6075	0,6053	0,6039	0,6026	0,6021	0,6015
0,54	—	0,6216	0,6152	0,6126	0,6102	0,6090	0,6079	0,6056	0,6042	0,6028	0,6022	0,6016
0,55	—	—	0,6159	0,6132	0,6107	0,6094	0,6083	0,6059	0,6044	0,6030	0,6023	0,6017
0,56	—	—	0,6166	0,6138	0,6112	0,6099	0,6087	0,6062	0,6046	0,6031	0,6024	0,6018
0,57	—	—	0,6174	0,6145	0,6117	0,6103	0,6091	0,6065	0,6048	0,6032	0,6025	0,6018
0,58	—	—	0,6181	0,6151	0,6122	0,6107	0,6094	0,6067	0,6050	0,6033	0,6025	0,6018
0,59	—	—	0,6188	0,6156	0,6127	0,6111	0,6098	0,6070	0,6051	0,6033	0,6025	0,6018

Tabelle A.7 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	—	0,6195	0,6162	0,6131	0,6115	0,6101	0,6072	0,6052	0,6034	0,6025	0,6017
0,61	—	—	0,6202	0,6168	0,6135	0,6119	0,6104	0,6073	0,6053	0,6033	0,6024	0,6016
0,62	—	—	0,6209	0,6173	0,6139	0,6122	0,6107	0,6075	0,6053	0,6033	0,6023	0,6014
0,63	—	—	0,6216	0,6178	0,6143	0,6125	0,6109	0,6076	0,6053	0,6032	0,6022	0,6012
0,64	—	—	0,6222	0,6183	0,6147	0,6128	0,6111	0,6076	0,6053	0,6030	0,6019	0,6009
0,65	—	—	0,6228	0,6188	0,6150	0,6130	0,6113	0,6076	0,6052	0,6028	0,6016	0,6006
0,66	—	—	0,6234	0,6192	0,6152	0,6132	0,6114	0,6075	0,6050	0,6025	0,6013	0,6002
0,67	—	—	0,6239	0,6195	0,6154	0,6133	0,6114	0,6074	0,6047	0,6021	0,6009	0,5997
0,68	—	—	0,6244	0,6198	0,6155	0,6133	0,6114	0,6072	0,6044	0,6016	0,6003	0,5991
0,69	—	—	0,6248	0,6201	0,6156	0,6133	0,6112	0,6069	0,6040	0,6011	0,5997	0,5984
0,70	—	—	0,6252	0,6202	0,6155	0,6131	0,6110	0,6065	0,6035	0,6004	0,5990	0,5976
0,71	—	—	0,6255	0,6203	0,6154	0,6129	0,6107	0,6060	0,6028	0,5996	0,5982	0,5967
0,72	—	—	0,6257	0,6203	0,6152	0,6126	0,6103	0,6054	0,6021	0,5988	0,5972	0,5957
0,73	—	—	0,6258	0,6202	0,6149	0,6122	0,6098	0,6047	0,6012	0,5977	0,5961	0,5945
0,74	—	—	0,6258	0,6199	0,6145	0,6116	0,6092	0,6038	0,6002	0,5966	0,5949	0,5932
0,75	—	—	0,6256	0,6196	0,6139	0,6110	0,6084	0,6028	0,5991	0,5953	0,5935	0,5917
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.												

Tabelle A.8 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 250$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6005	0,5989	0,5979	0,5975	0,5971	0,5969	0,5968	0,5965	0,5964	0,5963	0,5963	0,5963
0,12	0,6012	0,5994	0,5982	0,5977	0,5973	0,5971	0,5970	0,5966	0,5965	0,5964	0,5963	0,5963
0,14	0,6019	0,5998	0,5985	0,5980	0,5976	0,5973	0,5971	0,5968	0,5966	0,5965	0,5965	0,5964
0,16	0,6026	0,6003	0,5989	0,5983	0,5978	0,5976	0,5974	0,5969	0,5967	0,5966	0,5966	0,5966
0,18	0,6034	0,6009	0,5993	0,5987	0,5981	0,5978	0,5976	0,5971	0,5969	0,5968	0,5967	0,5967
0,20	0,6042	0,6014	0,5997	0,5990	0,5984	0,5981	0,5979	0,5974	0,5971	0,5969	0,5969	0,5969
0,22	0,6050	0,6020	0,6002	0,5994	0,5988	0,5984	0,5981	0,5976	0,5973	0,5971	0,5971	0,5971
0,24	0,6059	0,6027	0,6007	0,5999	0,5991	0,5988	0,5985	0,5979	0,5976	0,5974	0,5973	0,5973
0,26	0,6068	0,6034	0,6012	0,6004	0,5996	0,5992	0,5988	0,5982	0,5978	0,5976	0,5975	0,5975
0,28	0,6079	0,6041	0,6018	0,6009	0,6000	0,5996	0,5992	0,5985	0,5981	0,5979	0,5978	0,5977
0,30	0,6090	0,6049	0,6025	0,6015	0,6005	0,6001	0,5997	0,5989	0,5985	0,5982	0,5981	0,5980
0,32	0,6102	0,6058	0,6032	0,6021	0,6011	0,6006	0,6002	0,5993	0,5988	0,5985	0,5984	0,5983
0,34	0,6115	0,6068	0,6039	0,6028	0,6017	0,6011	0,6007	0,5998	0,5992	0,5988	0,5987	0,5986
0,36	—	0,6079	0,6047	0,6035	0,6023	0,6017	0,6012	0,6002	0,5997	0,5992	0,5990	0,5989
0,38	—	0,6090	0,6056	0,6043	0,6030	0,6024	0,6018	0,6007	0,6001	0,5996	0,5994	0,5992
0,40	—	0,6102	0,6066	0,6051	0,6038	0,6031	0,6025	0,6013	0,6006	0,6000	0,5997	0,5995
0,42	—	0,6116	0,6076	0,6061	0,6046	0,6038	0,6032	0,6019	0,6011	0,6004	0,6001	0,5999
0,44	—	0,6130	0,6087	0,6070	0,6054	0,6046	0,6039	0,6025	0,6016	0,6008	0,6005	0,6002
0,46	—	0,6145	0,6099	0,6081	0,6063	0,6054	0,6047	0,6031	0,6021	0,6012	0,6009	0,6006
0,48	—	0,6162	0,6112	0,6091	0,6072	0,6063	0,6055	0,6037	0,6026	0,6017	0,6013	0,6009
0,50	—	—	0,6125	0,6103	0,6082	0,6072	0,6063	0,6044	0,6032	0,6021	0,6016	0,6012
0,51	—	—	0,6131	0,6108	0,6087	0,6076	0,6067	0,6047	0,6034	0,6023	0,6018	0,6013
0,52	—	—	0,6138	0,6114	0,6092	0,6081	0,6071	0,6050	0,6037	0,6024	0,6019	0,6014
0,53	—	—	0,6145	0,6120	0,6097	0,6085	0,6075	0,6053	0,6039	0,6026	0,6021	0,6015
0,54	—	—	0,6152	0,6126	0,6102	0,6089	0,6079	0,6056	0,6041	0,6028	0,6022	0,6016
0,55	—	—	0,6159	0,6132	0,6107	0,6094	0,6083	0,6059	0,6044	0,6029	0,6023	0,6017
0,56	—	—	0,6166	0,6138	0,6112	0,6098	0,6086	0,6061	0,6045	0,6030	0,6023	0,6017
0,57	—	—	0,6173	0,6144	0,6116	0,6102	0,6090	0,6064	0,6047	0,6031	0,6024	0,6017
0,58	—	—	0,6180	0,6150	0,6121	0,6106	0,6093	0,6066	0,6049	0,6032	0,6024	0,6017
0,59	—	—	0,6187	0,6155	0,6125	0,6110	0,6097	0,6068	0,6050	0,6032	0,6024	0,6016

Tabelle A.8 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	—	0,6194	0,6161	0,6130	0,6114	0,6100	0,6070	0,6051	0,6032	0,6023	0,6015
0,61	—	—	0,6201	0,6166	0,6134	0,6117	0,6103	0,6071	0,6051	0,6031	0,6023	0,6014
0,62	—	—	0,6207	0,6171	0,6138	0,6120	0,6105	0,6072	0,6051	0,6031	0,6021	0,6012
0,63	—	—	0,6214	0,6176	0,6141	0,6123	0,6107	0,6073	0,6051	0,6029	0,6019	0,6010
0,64	—	—	0,6220	0,6181	0,6144	0,6125	0,6109	0,6073	0,6050	0,6027	0,6017	0,6006
0,65	—	—	0,6226	0,6185	0,6147	0,6127	0,6110	0,6073	0,6048	0,6024	0,6013	0,6003
0,66	—	—	0,6231	0,6189	0,6149	0,6128	0,6110	0,6072	0,6046	0,6021	0,6009	0,5998
0,67	—	—	0,6236	0,6192	0,6150	0,6129	0,6110	0,6070	0,6043	0,6017	0,6004	0,5993
0,68	—	—	0,6240	0,6194	0,6151	0,6129	0,6109	0,6067	0,6039	0,6012	0,5999	0,5986
0,69	—	—	—	0,6196	0,6151	0,6128	0,6107	0,6064	0,6035	0,6005	0,5992	0,5979
0,70	—	—	—	0,6197	0,6150	0,6126	0,6105	0,6059	0,6029	0,5998	0,5984	0,5970
0,71	—	—	—	0,6197	0,6148	0,6123	0,6101	0,6054	0,6022	0,5990	0,5975	0,5961
0,72	—	—	—	0,6196	0,6145	0,6119	0,6096	0,6047	0,6014	0,5980	0,5965	0,5950
0,73	—	—	—	0,6194	0,6141	0,6114	0,6090	0,6039	0,6004	0,5969	0,5953	0,5937
0,74	—	—	—	0,6191	0,6136	0,6108	0,6083	0,6029	0,5994	0,5957	0,5940	0,5923
0,75	—	—	—	0,6187	0,6130	0,6100	0,6074	0,6018	0,5981	0,5943	0,5925	0,5908
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.												

Tabelle A.9 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 375$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6006	0,5989	0,5979	0,5975	0,5971	0,5970	0,5968	0,5965	0,5964	0,5963	0,5963	0,5963
0,12	0,6013	0,5994	0,5982	0,5978	0,5974	0,5972	0,5970	0,5967	0,5965	0,5964	0,5964	0,5964
0,14	0,6020	0,5999	0,5986	0,5981	0,5976	0,5974	0,5972	0,5968	0,5966	0,5965	0,5965	0,5965
0,16	0,6027	0,6004	0,5990	0,5984	0,5979	0,5976	0,5974	0,5970	0,5968	0,5967	0,5966	0,5966
0,18	0,6035	0,6009	0,5994	0,5987	0,5982	0,5979	0,5977	0,5972	0,5970	0,5968	0,5968	0,5968
0,20	0,6042	0,6015	0,5998	0,5991	0,5985	0,5982	0,5979	0,5974	0,5972	0,5970	0,5970	0,5969
0,22	0,6051	0,6021	0,6003	0,5995	0,5988	0,5985	0,5982	0,5977	0,5974	0,5972	0,5972	0,5971
0,24	0,6060	0,6028	0,6008	0,6000	0,5992	0,5989	0,5986	0,5980	0,5977	0,5974	0,5974	0,5973
0,26	0,6069	0,6035	0,6013	0,6005	0,5997	0,5993	0,5989	0,5983	0,5979	0,5977	0,5976	0,5976
0,28	0,6080	0,6042	0,6019	0,6010	0,6001	0,5997	0,5993	0,5986	0,5983	0,5980	0,5979	0,5978
0,30	—	0,6051	0,6026	0,6016	0,6006	0,6002	0,5998	0,5990	0,5986	0,5983	0,5982	0,5981
0,32	—	0,6060	0,6033	0,6022	0,6012	0,6007	0,6003	0,5994	0,5990	0,5986	0,5985	0,5984
0,34	—	0,6069	0,6040	0,6029	0,6018	0,6013	0,6008	0,5999	0,5994	0,5989	0,5988	0,5987
0,36	—	0,6080	0,6049	0,6036	0,6024	0,6019	0,6014	0,6004	0,5998	0,5993	0,5991	0,5990
0,38	—	0,6091	0,6058	0,6044	0,6031	0,6025	0,6020	0,6009	0,6002	0,5997	0,5995	0,5993
0,40	—	—	0,6067	0,6053	0,6039	0,6032	0,6026	0,6014	0,6007	0,6001	0,5999	0,5997
0,42	—	—	0,6078	0,6062	0,6047	0,6039	0,6033	0,6020	0,6012	0,6005	0,6002	0,6000
0,44	—	—	0,6089	0,6071	0,6055	0,6047	0,6040	0,6026	0,6017	0,6009	0,6006	0,6003
0,46	—	—	0,6100	0,6082	0,6064	0,6055	0,6048	0,6032	0,6022	0,6013	0,6010	0,6007
0,48	—	—	0,6113	0,6092	0,6073	0,6064	0,6055	0,6038	0,6027	0,6018	0,6013	0,6010
0,50	—	—	0,6125	0,6103	0,6083	0,6072	0,6063	0,6044	0,6032	0,6021	0,6017	0,6012
0,51	—	—	0,6132	0,6109	0,6088	0,6077	0,6067	0,6047	0,6035	0,6023	0,6018	0,6014
0,52	—	—	0,6139	0,6115	0,6092	0,6081	0,6071	0,6050	0,6037	0,6025	0,6019	0,6015
0,53	—	—	0,6145	0,6121	0,6097	0,6085	0,6075	0,6053	0,6039	0,6026	0,6021	0,6015
0,54	—	—	0,6152	0,6126	0,6102	0,6090	0,6079	0,6056	0,6041	0,6028	0,6022	0,6016
0,55	—	—	0,6159	0,6132	0,6107	0,6094	0,6082	0,6058	0,6043	0,6029	0,6022	0,6017
0,56	—	—	0,6166	0,6138	0,6111	0,6098	0,6086	0,6061	0,6045	0,6030	0,6023	0,6017
0,57	—	—	—	0,6144	0,6116	0,6102	0,6089	0,6063	0,6047	0,6030	0,6023	0,6017
0,58	—	—	—	0,6149	0,6120	0,6106	0,6093	0,6065	0,6048	0,6031	0,6023	0,6016
0,59	—	—	—	0,6155	0,6124	0,6109	0,6096	0,6067	0,6049	0,6031	0,6023	0,6015

Tabelle A.9 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	—	—	0,6160	0,6128	0,6112	0,6098	0,6069	0,6049	0,6030	0,6022	0,6014
0,61	—	—	—	0,6165	0,6132	0,6116	0,6101	0,6070	0,6050	0,6030	0,6021	0,6012
0,62	—	—	—	0,6170	0,6136	0,6118	0,6103	0,6070	0,6049	0,6028	0,6019	0,6010
0,63	—	—	—	0,6174	0,6139	0,6121	0,6105	0,6071	0,6048	0,6026	0,6017	0,6007
0,64	—	—	—	0,6178	0,6141	0,6122	0,6106	0,6070	0,6047	0,6024	0,6014	0,6003
0,65	—	—	—	0,6182	0,6143	0,6124	0,6106	0,6069	0,6045	0,6021	0,6010	0,5999
0,66	—	—	—	0,6185	0,6145	0,6124	0,6106	0,6068	0,6042	0,6017	0,6005	0,5994
0,67	—	—	—	0,6188	0,6146	0,6124	0,6106	0,6065	0,6039	0,6012	0,6000	0,5988
0,68	—	—	—	0,6190	0,6146	0,6124	0,6104	0,6062	0,6034	0,6006	0,5993	0,5981
0,69	—	—	—	—	0,6145	0,6122	0,6102	0,6058	0,6029	0,6000	0,5986	0,5973
0,70	—	—	—	—	0,6144	0,6120	0,6098	0,6053	0,6022	0,5992	0,5977	0,5964
0,71	—	—	—	—	0,6141	0,6116	0,6094	0,6046	0,6015	0,5982	0,5968	0,5953
0,72	—	—	—	—	0,6138	0,6111	0,6088	0,6039	0,6006	0,5972	0,5956	0,5941
0,73	—	—	—	—	0,6133	0,6105	0,6081	0,6029	0,5995	0,5960	0,5944	0,5928
0,74	—	—	—	—	0,6126	0,6098	0,6073	0,6019	0,5983	0,5946	0,5929	0,5913
0,75	—	—	—	—	0,6119	0,6089	0,6063	0,6007	0,5969	0,5931	0,5913	0,5896
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.												

Tabelle A.10 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 760$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6006	0,5990	0,5979	0,5975	0,5972	0,5970	0,5969	0,5966	0,5964	0,5963	0,5963	0,5963
0,12	0,6013	0,5994	0,5983	0,5978	0,5974	0,5972	0,5970	0,5967	0,5965	0,5964	0,5964	0,5964
0,14	0,6020	0,5999	0,5986	0,5981	0,5977	0,5974	0,5972	0,5969	0,5967	0,5966	0,5966	0,5965
0,16	0,6028	0,6005	0,5990	0,5985	0,5979	0,5977	0,5975	0,5971	0,5969	0,5967	0,5967	0,5967
0,18	0,6035	0,6010	0,5994	0,5988	0,5982	0,5980	0,5977	0,5973	0,5970	0,5969	0,5969	0,5968
0,20	—	0,6016	0,5999	0,5992	0,5986	0,5983	0,5980	0,5975	0,5973	0,5971	0,5971	0,5970
0,22	—	0,6022	0,6004	0,5996	0,5989	0,5986	0,5983	0,5978	0,5975	0,5973	0,5973	0,5972
0,24	—	0,6029	0,6009	0,6001	0,5993	0,5990	0,5987	0,5981	0,5978	0,5976	0,5975	0,5975
0,26	—	0,6036	0,6014	0,6006	0,5998	0,5994	0,5991	0,5984	0,5981	0,5978	0,5977	0,5977
0,28	—	—	0,6020	0,6011	0,6003	0,5998	0,5995	0,5988	0,5984	0,5981	0,5980	0,5980
0,30	—	—	0,6027	0,6017	0,6008	0,6003	0,5999	0,5992	0,5987	0,5984	0,5983	0,5982
0,32	—	—	0,6034	0,6023	0,6013	0,6008	0,6004	0,5996	0,5991	0,5987	0,5986	0,5985
0,34	—	—	0,6042	0,6030	0,6020	0,6014	0,6010	0,6000	0,5995	0,5991	0,5990	0,5988
0,36	—	—	0,6050	0,6038	0,6026	0,6020	0,6015	0,6005	0,5999	0,5995	0,5993	0,5992
0,38	—	—	0,6059	0,6046	0,6033	0,6027	0,6021	0,6010	0,6004	0,5999	0,5997	0,5995
0,40	—	—	—	0,6054	0,6041	0,6034	0,6028	0,6016	0,6009	0,6003	0,6000	0,5998
0,42	—	—	—	0,6064	0,6049	0,6041	0,6035	0,6022	0,6014	0,6007	0,6004	0,6002
0,44	—	—	—	0,6073	0,6057	0,6049	0,6042	0,6027	0,6019	0,6011	0,6008	0,6005
0,46	—	—	—	0,6084	0,6066	0,6057	0,6049	0,6034	0,6024	0,6015	0,6012	0,6008
0,48	—	—	—	0,6094	0,6075	0,6065	0,6057	0,6040	0,6029	0,6019	0,6015	0,6011
0,50	—	—	—	—	0,6084	0,6074	0,6065	0,6046	0,6034	0,6023	0,6018	0,6014
0,51	—	—	—	—	0,6089	0,6078	0,6069	0,6049	0,6036	0,6025	0,6020	0,6015
0,52	—	—	—	—	0,6094	0,6082	0,6073	0,6052	0,6039	0,6026	0,6021	0,6016
0,53	—	—	—	—	0,6099	0,6087	0,6076	0,6054	0,6041	0,6028	0,6022	0,6017
0,54	—	—	—	—	0,6103	0,6091	0,6080	0,6057	0,6043	0,6029	0,6023	0,6017
0,55	—	—	—	—	0,6108	0,6095	0,6084	0,6060	0,6044	0,6030	0,6024	0,6018
0,56	—	—	—	—	0,6112	0,6099	0,6087	0,6062	0,6046	0,6031	0,6024	0,6018
0,57	—	—	—	—	0,6117	0,6103	0,6090	0,6064	0,6047	0,6031	0,6024	0,6017
0,58	—	—	—	—	0,6121	0,6106	0,6093	0,6066	0,6048	0,6031	0,6024	0,6017
0,59	—	—	—	—	0,6125	0,6110	0,6096	0,6068	0,6049	0,6031	0,6023	0,6016

Tabelle A.10 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	—	—	—	0,6129	0,6113	0,6099	0,6069	0,6050	0,6031	0,6022	0,6014
0,61	—	—	—	—	0,6132	0,6116	0,6101	0,6070	0,6050	0,6030	0,6021	0,6012
0,62	—	—	—	—	0,6136	0,6118	0,6103	0,6070	0,6049	0,6028	0,6019	0,6010
0,63	—	—	—	—	—	0,6120	0,6104	0,6070	0,6048	0,6026	0,6016	0,6006
0,64	—	—	—	—	—	0,6122	0,6105	0,6069	0,6046	0,6023	0,6013	0,6003
0,65	—	—	—	—	—	0,6123	0,6105	0,6068	0,6044	0,6020	0,6009	0,5998
0,66	—	—	—	—	—	0,6123	0,6105	0,6066	0,6041	0,6015	0,6004	0,5992
0,67	—	—	—	—	—	0,6123	0,6104	0,6063	0,6037	0,6010	0,5998	0,5986
0,68	—	—	—	—	—	0,6122	0,6102	0,6060	0,6032	0,6004	0,5991	0,5979
0,69	—	—	—	—	—	0,6119	0,6099	0,6055	0,6026	0,5996	0,5983	0,5970
0,70	—	—	—	—	—	0,6116	0,6095	0,6049	0,6019	0,5988	0,5974	0,5960
0,71	—	—	—	—	—	0,6112	0,6090	0,6042	0,6010	0,5978	0,5963	0,5949
0,72	—	—	—	—	—	0,6107	0,6084	0,6034	0,6001	0,5967	0,5951	0,5936
0,73	—	—	—	—	—	0,6100	0,6076	0,6024	0,5989	0,5954	0,5938	0,5922
0,74	—	—	—	—	—	—	0,6067	0,6012	0,5976	0,5940	0,5923	0,5906
0,75	—	—	—	—	—	—	0,6056	0,5999	0,5962	0,5923	0,5906	0,5888
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.												

Tabelle A.11 — Blenden mit Flansch-Druckentnahmen — Durchflusskoeffizient C für $D = 1000$ mm

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,10	0,6006	0,5990	0,5980	0,5976	0,5972	0,5970	0,5969	0,5966	0,5964	0,5963	0,5963	0,5963
0,12	0,6013	0,5994	0,5983	0,5978	0,5974	0,5972	0,5970	0,5967	0,5966	0,5965	0,5964	0,5964
0,14	0,6020	0,5999	0,5987	0,5981	0,5977	0,5974	0,5973	0,5969	0,5967	0,5966	0,5966	0,5966
0,16	0,6028	0,6005	0,5990	0,5985	0,5980	0,5977	0,5975	0,5971	0,5969	0,5967	0,5967	0,5967
0,18	—	0,6010	0,5995	0,5988	0,5983	0,5980	0,5977	0,5973	0,5971	0,5969	0,5969	0,5969
0,20	—	0,6016	0,5999	0,5992	0,5986	0,5983	0,5980	0,5975	0,5973	0,5971	0,5971	0,5971
0,22	—	0,6022	0,6004	0,5996	0,5990	0,5986	0,5984	0,5978	0,5975	0,5973	0,5973	0,5973
0,24	—	0,6029	0,6009	0,6001	0,5994	0,5990	0,5987	0,5981	0,5978	0,5976	0,5975	0,5975
0,26	—	—	0,6015	0,6006	0,5998	0,5994	0,5991	0,5984	0,5981	0,5979	0,5978	0,5977
0,28	—	—	0,6021	0,6012	0,6003	0,5999	0,5995	0,5988	0,5984	0,5981	0,5981	0,5980
0,30	—	—	0,6027	0,6017	0,6008	0,6004	0,6000	0,5992	0,5988	0,5985	0,5983	0,5983
0,32	—	—	0,6035	0,6024	0,6014	0,6009	0,6005	0,5996	0,5992	0,5988	0,5987	0,5986
0,34	—	—	0,6043	0,6031	0,6020	0,6015	0,6010	0,6001	0,5996	0,5991	0,5990	0,5989
0,36	—	—	—	0,6038	0,6027	0,6021	0,6016	0,6006	0,6000	0,5995	0,5994	0,5992
0,38	—	—	—	0,6046	0,6034	0,6027	0,6022	0,6011	0,6005	0,5999	0,5997	0,5995
0,40	—	—	—	0,6055	0,6041	0,6034	0,6028	0,6016	0,6009	0,6003	0,6001	0,5999
0,42	—	—	—	0,6064	0,6049	0,6042	0,6035	0,6022	0,6014	0,6007	0,6005	0,6002
0,44	—	—	—	—	0,6058	0,6050	0,6043	0,6028	0,6019	0,6012	0,6009	0,6006
0,46	—	—	—	—	0,6067	0,6058	0,6050	0,6034	0,6024	0,6016	0,6012	0,6009
0,48	—	—	—	—	0,6076	0,6066	0,6058	0,6040	0,6030	0,6020	0,6016	0,6012
0,50	—	—	—	—	0,6085	0,6075	0,6065	0,6046	0,6035	0,6024	0,6019	0,6015
0,51	—	—	—	—	0,6090	0,6079	0,6069	0,6049	0,6037	0,6025	0,6020	0,6016
0,52	—	—	—	—	0,6095	0,6083	0,6073	0,6052	0,6039	0,6027	0,6022	0,6017
0,53	—	—	—	—	0,6099	0,6087	0,6077	0,6055	0,6041	0,6028	0,6023	0,6017
0,54	—	—	—	—	0,6104	0,6091	0,6081	0,6058	0,6043	0,6030	0,6024	0,6018
0,55	—	—	—	—	—	0,6096	0,6084	0,6060	0,6045	0,6031	0,6024	0,6018
0,56	—	—	—	—	—	0,6099	0,6088	0,6063	0,6047	0,6031	0,6025	0,6018
0,57	—	—	—	—	—	0,6103	0,6091	0,6065	0,6048	0,6032	0,6025	0,6018
0,58	—	—	—	—	—	0,6107	0,6094	0,6067	0,6049	0,6032	0,6024	0,6017
0,59	—	—	—	—	—	0,6110	0,6097	0,6068	0,6050	0,6032	0,6024	0,6016

Tabelle A.11 (fortgesetzt)

Durch- messer- verhältnis β	Durchflusskoeffizient C für Re_D gleich											
	5×10^3	1×10^4	2×10^4	3×10^4	5×10^4	7×10^4	1×10^5	3×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8	∞
0,60	—	—	—	—	—	0,6113	0,6099	0,6069	0,6050	0,6031	0,6023	0,6015
0,61	—	—	—	—	—	0,6116	0,6102	0,6070	0,6050	0,6030	0,6021	0,6013
0,62	—	—	—	—	—	0,6119	0,6103	0,6071	0,6049	0,6029	0,6019	0,6010
0,63	—	—	—	—	—	0,6121	0,6105	0,6070	0,6048	0,6026	0,6016	0,6007
0,64	—	—	—	—	—	0,6122	0,6106	0,6070	0,6047	0,6023	0,6013	0,6003
0,65	—	—	—	—	—	—	0,6106	0,6068	0,6044	0,6020	0,6009	0,5998
0,66	—	—	—	—	—	—	0,6105	0,6066	0,6041	0,6016	0,6004	0,5993
0,67	—	—	—	—	—	—	0,6104	0,6063	0,6037	0,6010	0,5998	0,5986
0,68	—	—	—	—	—	—	0,6102	0,6060	0,6032	0,6004	0,5991	0,5979
0,69	—	—	—	—	—	—	0,6099	0,6055	0,6026	0,5997	0,5983	0,5970
0,70	—	—	—	—	—	—	0,6095	0,6049	0,6019	0,5988	0,5974	0,5960
0,71	—	—	—	—	—	—	0,6090	0,6042	0,6010	0,5978	0,5963	0,5949
0,72	—	—	—	—	—	—	0,6084	0,6033	0,6000	0,5967	0,5951	0,5936
0,73	—	—	—	—	—	—	0,6076	0,6024	0,5989	0,5954	0,5938	0,5922
0,74	—	—	—	—	—	—	0,6066	0,6012	0,5976	0,5939	0,5922	0,5906
0,75	—	—	—	—	—	—	0,6055	0,5999	0,5961	0,5923	0,5905	0,5887
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.												

Tabelle A.12 — Blenden — Expansionszahl ε

Durchmesser- verhältnis		Expansionszahl ε für p_2/p_1 gleich							
β	β^4	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,85	0,80	0,75
für $\kappa = 1,2$									
0,100 0	0,000 1	0,994 1	0,988 3	0,982 4	0,976 4	0,970 5	0,955 5	0,940 4	0,925 2
0,562 3	0,100 0	0,993 6	0,987 1	0,980 6	0,974 1	0,967 6	0,951 1	0,934 5	0,917 7
0,668 7	0,200 0	0,992 7	0,985 3	0,977 9	0,970 5	0,963 1	0,944 3	0,935 4	0,906 3
0,740 1	0,300 0	0,991 5	0,982 9	0,974 3	0,965 7	0,957 0	0,955 2	0,923 2	0,891 0
0,750 0	0,316 4	0,991 2	0,982 4	0,973 6	0,964 8	0,955 9	0,933 5	0,910 9	0,888 1
für $\kappa = 1,3$									
0,100 0	0,000 1	0,994 6	0,989 1	0,983 7	0,978 2	0,972 7	0,958 8	0,944 6	0,930 3
0,562 3	0,100 0	0,994 0	0,988 1	0,982 1	0,976 0	0,970 0	0,954 7	0,939 1	0,923 4
0,668 7	0,200 0	0,993 2	0,986 4	0,979 6	0,972 7	0,965 8	0,948 4	0,930 7	0,912 8
0,740 1	0,300 0	0,992 1	0,984 2	0,976 2	0,968 2	0,960 2	0,939 9	0,919 3	0,898 5
0,750 0	0,316 4	0,991 9	0,983 8	0,975 6	0,967 4	0,969 1	0,938 3	0,917 2	0,895 8
für $\kappa = 1,4$									
0,100 0	0,000 1	0,995 0	0,989 9	0,984 8	0,979 7	0,974 6	0,961 5	0,948 3	0,934 8
0,562 3	0,100 0	0,994 5	0,988 9	0,983 3	0,977 7	0,972 0	0,957 7	0,943 1	0,928 3
0,668 7	0,200 0	0,993 7	0,987 4	0,981 0	0,974 6	0,978 1	0,951 8	0,935 3	0,918 4
0,740 1	0,300 0	0,992 7	0,985 3	0,977 9	0,970 4	0,962 9	0,943 9	0,924 6	0,905 0
0,750 0	0,316 4	0,992 5	0,984 9	0,977 3	0,969 6	0,961 9	0,942 4	0,922 6	0,902 5
für $\kappa = 1,66$									
0,100 0	0,000 1	0,995 8	0,991 5	0,987 2	0,982 8	0,978 4	0,967 3	0,955 9	0,944 2
0,562 3	0,100 0	0,995 3	0,990 6	0,985 9	0,981 1	0,976 3	0,964 0	0,951 5	0,938 6
0,668 7	0,200 0	0,994 7	0,989 3	0,983 9	0,978 5	0,973 0	0,959 0	0,944 7	0,930 1
0,740 1	0,300 0	0,993 8	0,987 6	0,981 3	0,974 9	0,968 5	0,952 3	0,935 7	0,918 6
0,750 0	0,316 4	0,993 6	0,987 2	0,980 8	0,974 3	0,967 7	0,951 0	0,934 0	0,916 4
ANMERKUNG Diese Tabelle dient der bequemen Handhabung. Für genaue Interpolationen ist diese Tabelle nicht vorgesehen. Extrapolationen sind nicht zulässig.									

Anhang B (informativ)

Strömungsumformer

B.1 Allgemeines

Dieser Anhang beschreibt verschiedene patentierte Strömungsumformer, die stromaufwärts vor Blenden installiert werden können, sowie die Anforderungen an die dabei jeweils erforderlichen störungsfreien geraden Rohrstrecken. Gegenstand der Ausführungen sind der *Gallagher*-Strömungsumformer sowie die NOVA-Ausführung des K-Lab Lochplatten-Strömungsumformers. Es werden die Einbausituationen beschrieben, unter denen die Strömungsumformer die Zulassungsprüfung bestanden haben und demnach hinter einer beliebigen Einlaufstörung eingebaut werden können. Die Nennung der hier beschriebenen Strömungsumformer schränkt die Verwendung anderer geprüfter Ausführungen von Strömungsumformern, die nachweislich ebenfalls geringe Änderungen des Durchflusskoeffizienten bewirken, nicht ein. Diese hier beschriebenen Strömungsumformer sind Beispiele für handelsüblich erhältliche Strömungsumformer, die die Zulassungsprüfung (nach ISO 5167-1) bestanden haben. Diese Information dient den Anwendern dieses Teils von ISO 5167 als Hinweis und stellt keine Bevorzugung dieser Produkte durch die ISO dar.

B.2 *Gallagher*-Strömungsumformer — Zulassungsprüfung

B.2.1 Der in Bild B.1 dargestellte *Gallagher*-Strömungsumformer erfüllt die Anforderungen nach 7.4.1.2 bis 7.4.1.7 von ISO 5167 1:2003 (ein wesentlicher Teil der Ergebnisse dieser Zulassungsprüfungen kann den Literaturstellen [8] und [13] entnommen werden) und darf daher hinter jeder beliebigen Einbaustörung eingesetzt werden, soweit die Fertigungsvorgaben erfüllt werden (erhältlich vom Patentinhaber) und der Einbau nach B 2.3 erfolgt.

B.2.2 Der patentierte *Gallagher*-Strömungsumformer besteht aus einer Einrichtung zur Drallbeseitigung, einer Beruhigungskammer sowie einer Einrichtung zur Profilformung, wie im Bild B.1 a) dargestellt.

Der Druckverlust-Koeffizient K des *Gallagher*-Strömungsumformers ist, abhängig von den Herstellungsspezifikationen des Umformers, annähernd gleich 2, wobei K durch folgende Gleichung ermittelt wird:

$$K = \frac{\Delta p_c}{\frac{1}{2} \rho V^2}$$

Darin ist Δp_c der Druckverlust über den *Gallagher*-Strömungsumformer und V die mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit des Fluids in der Rohrleitung.

B.2.3 Der Abstand L_f zwischen der Blende und der stromaufwärts nächstgelegenen Einbaustörung muss mindestens $17D$ betragen. Der *Gallagher*-Strömungsumformer ist so einzubauen, dass der Abstand L_s zwischen ausgangsseitigem Ende des *Gallagher*-Strömungsumformers und Blende

$$5D \leq L_s \leq L_f - 8D$$

beträgt.

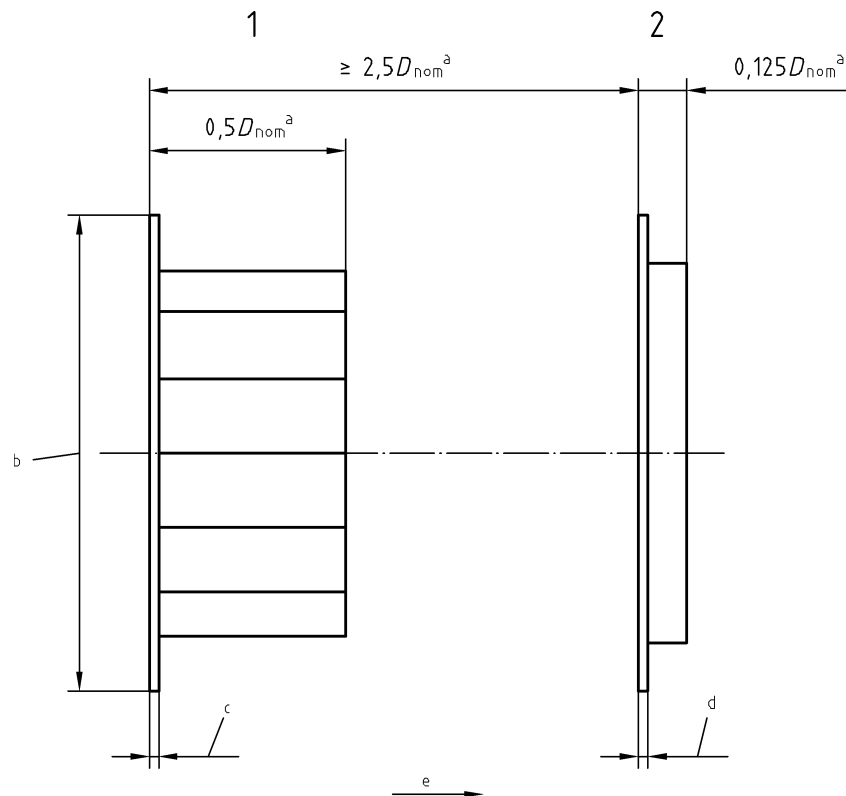
An diesem Einbauort kann der *Gallagher*-Strömungsumformer für $\beta \leq 0,67$ verwendet werden.

Bei $0,67 < \beta \leq 0,75$ ist der Einbauort des *Gallagher*-Strömungsumformers durch $L_s = 7D \pm D$ festgelegt.

An diesem Einbauort erfüllt der *Gallagher*-Strömungsumformer für $\beta = 0,75$ die Anforderungen nach 7.4.1.7 von ISO 5167-1:2003.

Der Abstand zu einem Krümmer (oder einer Kombination von Krümmern) oder zu einem T-Stück wird bis zum ausgangsseitigen Ende des gekrümmten Teils des nächstgelegenen (oder einzigen) Krümmers oder T-Stücks gemessen. Der Abstand zu einem Reduzierstück oder Diffusor wird bis zum ausgangsseitigen Ende des konischen Teiles des Reduzierstückes oder Diffusors gemessen.

Die Einbauorte in diesem Unterabschnitt sind hinter jeder beliebigen Einbaustörung zulässig. Der Einbaubereich für die *Gallagher*-Strömungsumformer kann größer gefasst sein, wenn die Vielfalt der Einbaustörungen eingeschränkt wird oder wenn die Gesamtstrecke zwischen Vorstörung und Blende verlängert bzw. das Durchmesser Verhältnis der Blende verringert wird. Diese Konfigurationen werden hier nicht beschrieben.

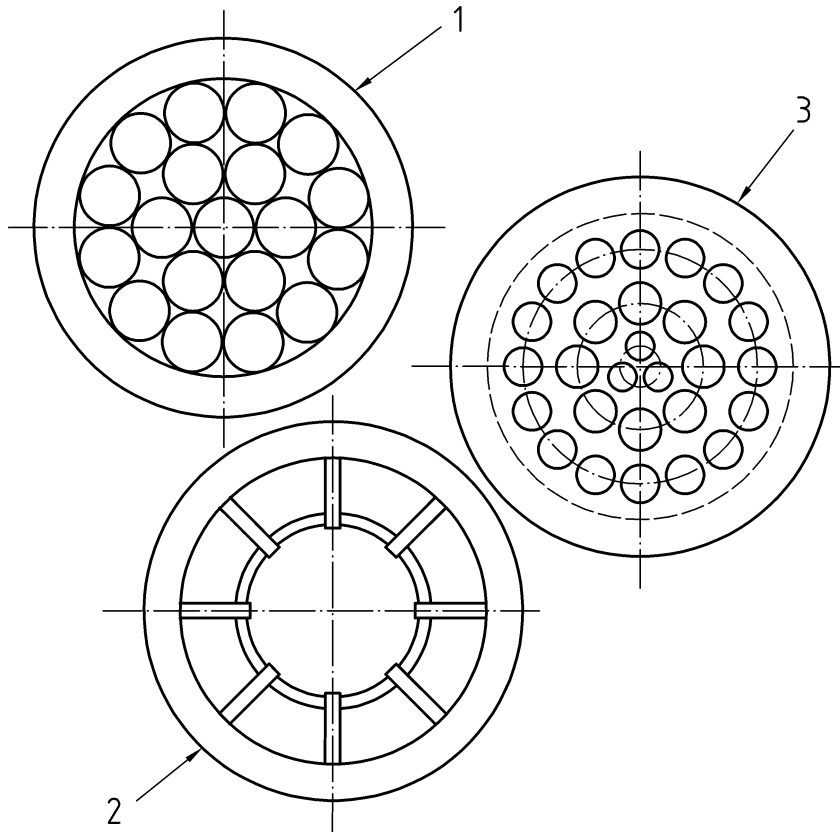


a) Üblicher Aufbau

Legende

- 1 Einrichtung zur Drallbeseitigung
- 2 Einrichtung zur Profilformung
- a D_{nom} Nenn-Rohrdurchmesser
- b Länge gleich dem Dichtungsdurchmesser
- c 3,2 mm für D_{nom} von 50 mm bis 75 mm, Rohrausführung
6,4 mm für D_{nom} von 100 mm bis 450 mm, Rohrausführung
12,7 mm für D_{nom} von 500 mm bis 600 mm, Rohrausführung
12,7 mm für D_{nom} von 50 mm bis 300 mm, Schaufelausführung
17,1 mm für D_{nom} von 350 mm bis 600 mm, Schaufelausführung
- d 3,2 mm für D_{nom} von 50 mm bis 75 mm
6,4 mm für D_{nom} von 100 mm bis 450 mm
12,7 mm für D_{nom} von 500 mm bis 600 mm
- e Strömungsrichtung

Bild B.1 — *Gallagher*-Strömungsumformer (fortgesetzt)



b) Übliche Komponenten (Vorderansicht)

Legende

- 1 Einrichtung zur Drallbeseitigung — Option Rohrausführung: 19 Rohre gleichen Durchmessers als konzentrisches Rohrbündel (darf verstiftet montiert sein)
- 2 Einrichtung zur Drallbeseitigung — Option Schaufelausführung: 8 Schaufeln mit einer Länge $0,125D$ bis $0,25D$, konzentrisch zum Rohr angeordnet (die Einrichtung darf am Eingang der Messstrecke angeordnet werden)
- 3 Einrichtung zur Profilformung: 3-8-16-Bohrungsmuster (siehe Anmerkung)

ANMERKUNG Das 3-8-16-Bohrungsmuster für eine Einrichtung zur Profilformung besteht aus:

- 3 Bohrungen mit einem Teilkreisdurchmesser von $0,15D$ bis $0,155D$. Die Durchmesser sollten so gewählt sein, dass die Summe der sich ergebenden Flächen 3 % bis 5 % der Querschnittsfläche des Rohres beträgt.
- 8 Bohrungen mit einem Teilkreisdurchmesser von $0,44D$ bis $0,48D$. Die Durchmesser sollten so gewählt sein, dass die Summe der sich ergebenden Flächen 19 % bis 21 % der Querschnittsfläche des Rohres beträgt.
- 16 Bohrungen mit einem Teilkreisdurchmesser von $0,81D$ bis $0,85D$. Die Durchmesser sollten so gewählt sein, dass die Summe der sich ergebenden Flächen 25 % bis 29 % der Querschnittsfläche des Rohres beträgt.

Bild B.1 — Gallagher-Strömungsumformer

B.3 NOVA-Ausführung des K-Lab Lochplatten-Strömungsumformers: Zulassungsprüfung

B.3.1 Die NOVA-Ausführung des K-Lab Lochplatten-Strömungsumformers nach Bild B.2, bekannt als K-Lab NOVA-Strömungsumformer, erfüllt die Anforderungen nach 7.4.1.2 bis 7.4.1.6 von ISO 5167-1:2003

(Ergebnisse der Zulassungsprüfung können den Literaturstellen [8], [14] und [15] entnommen werden) und darf daher stromabwärts jeder beliebigen Einbaustörung installiert werden, soweit die Fertigungsvorgaben nach B.3.2 und B.3.3 erfüllt werden und der Einbau nach B.3.4 erfolgt.

B.3.2 Der K-Lab NOVA-Strömungsumformer besteht aus einer Platte mit 25 Bohrungen, die, wie in Bild B.2 dargestellt, kreisrund und symmetrisch zueinander angeordnet sind. Die Bohrungsmaße sind eine Funktion des Rohrrinnendurchmessers D und abhängig von der Reynolds-Zahl. Die Anordnung der Bohrungen für $Re_D \geq 10^5$ sind B.3.3 zu entnehmen.

Die Dicke t_c der Lochplatte muss das Maß $0,125D \leq t_c \leq 0,15D$ haben. Die Flanschdicke ist abhängig von der Anwendung. Der Außendurchmesser und die Dichtfläche des Flansches hängen von der Ausführung und Anwendung des Flansches ab.

Der Druckverlust-Koeffizient K des K-Lab NOVA-Strömungsumformers ist annähernd gleich 2, wobei K durch die folgende Gleichung ermittelt wird:

$$K = \frac{4p_c}{\frac{1}{2}\rho V^2}$$

Dabei ist

- Δp_c der Druckverlust über den K-Lab NOVA-Strömungsgleichrichter;
- ρ die Dichte des Fluids in der Rohrleitung;
- V die mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit des Fluids in der Rohrleitung.

B.3.3 Lage der Bohrungen

B.3.3.1 Bei $Re_D \geq 8 \times 10^5$

- eine zentrale Bohrung mit dem Durchmesser $0,186\,29D \pm 0,000\,77D$;
- ein Ring von 8 Bohrungen mit den Durchmessern $0,163D \pm 0,000\,77D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,5D \pm 0,5\text{ mm}$;
- ein Ring von 16 Bohrungen mit den Durchmessern $0,120\,3D \pm 0,000\,77D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,85D \pm 0,5\text{ mm}$.

B.3.3.2 Bei $8 \times 10^5 > Re_D \geq 10^5$:

- eine zentrale Bohrung mit dem Durchmesser $0,226\,64D \pm 0,000\,77D$;
- ein Ring von 8 Bohrungen mit den Durchmessern $0,163\,09D \pm 0,000\,77D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,5D \pm 0,5\text{ mm}$;
- ein Ring von 16 Bohrungen mit den Durchmessern $0,124\,22D \pm 0,000\,77D$ auf einem Teilkreisdurchmesser von $0,85D \pm 0,5\text{ mm}$.

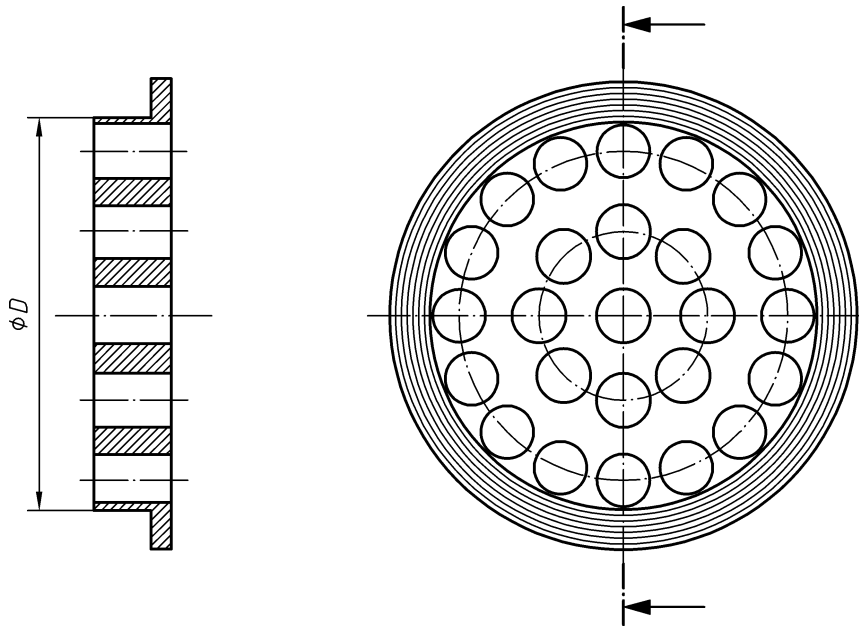


Bild B 2 — K-Lab NOVA-Strömungsumformer

B.3.4 Der Abstand L_f zwischen Blende und der stromaufwärts nächstgelegenen Einbaustörung muss mindestens $17D$ betragen. Der K-Lab NOVA-Strömungsumformer ist so einzubauen, dass der Abstand L_s zwischen ausgangsseitigem Ende des K-Lab NOVA-Strömungsumformers und Blende

$$8,5D \leq L_s \leq L_f - 7,5D$$

beträgt.

Der K-Lab NOVA-Strömungsumformer kann für $\beta \leq 0,67$ verwendet werden.

Der Abstand zu einem Krümmer (oder einer Kombination von Krümmern) oder zu einem T-Stück wird bis zum ausgangsseitigen Ende des gekrümmten Teiles des nächstgelegenen (oder einzigen) Krümmers oder T-Stückes gemessen. Der Abstand zu einem Reduzierstück oder Diffusor wird bis zum ausgangsseitigen Ende des konischen Teiles des Reduzierstückes oder Diffusors gemessen.

Die Einbauorte in diesem Unterabschnitt sind hinter jeder beliebigen Einbaustörung zulässig. Der Einbaubereich für die K-Lab NOVA-Strömungsumformer kann größer gefasst sein, wenn die Vielfalt der Einbaustörungen eingeschränkt wird oder wenn die Gesamtstrecke zwischen Einbaustörung und Blende verlängert bzw. das Durchmesser Verhältnis der Blende verringert wird. Diese Konfigurationen werden hier nicht beschrieben.

Literaturhinweise

- [1] HOBBS, J.M., and HUMPHREYS, J.S., The effect of orifice plate geometry upon discharge coefficient. *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 1, pp 133 –140, April 1990.
- [2] READER-HARRIS, M.J., Pipe roughness and Reynolds number limits for the orifice plate discharge coefficient equation. In *Proc. of 2nd Int. Symp. on Fluid Flow Measurement*, Calgary, Canada, pp 29-43, June 1990. Arlington, Virginia: American Gas Association.
- [3] READER-HARRIS, M. J., SATTARY, J. A. and SPEARMAN, E. P., *The orifice plate discharge coefficient equation*. Progress Report No PR14: EUEC/17 (EEC005). East Kilbride, Glasgow: National Engineering Laboratory Executive Agency, May 1992.
- [4] MORROW, T. B., and MORRISON, G. L. Effect of meter tube roughness on orifice C_d . In *Proc. of 4th Int. Symp. on Fluid Flow Measurement*, Denver, Colorado, June 1999.
- [5] READER-HARRIS, M.J., and SATTARY, J.A., The orifice plate discharge coefficient equation – the equation for ISO 5167-1. In *Proc. of 14th North Sea Flow Measurement Workshop, Peebles, Scotland*, East Kilbride, Glasgow, National Engineering Laboratory, October 1996, pp 24.
- [6] READER-HARRIS, M.J., The equation for the expansibility factor for orifice plates. In *Proc. of FLOMEKO 98*, Lund, Sweden, June 1998, pp 209 – 214..
- [7] URNER, G., Pressure loss of orifice plates according to ISO 5167. *Flow Measurement and Instrumentation*, , 8 March 1997, pp 39-41.
- [8] STUDZINSKI, W., KARNIK, U., LaNASA, P., MORROW, T., GOODSON, D., HUSAIN, Z., and GALLAGHER, J. White Paper on „Orifice Meter Installation Configurations with and without Flow Conditioners“. Washington D.C.: American Petroleum Institute, 1997.
- [9] STUDZINSKI, W., WEISS, M., ATTIA, J., and GEERLIGS, J., Effect of reducers, expanders, a gate valve, and two elbows in perpendicular planes on orifice meter performance. In *Proc. of Flow Measurement 2001 International Conference, Peebles, Scotland, May 2001, ppr 3.1*. East Kilbride, Glasgow, National Engineering Laboratory.
- [10] WEISS, M., STUDZINSKI, W., and ATTIA, J., Performance evaluation of orifice meter standards for selected T-junction and elbow installations. In *Proc. of 5th Int. Symp. on Fluid Flow Measurement*, Washington, D.C., April 2002.
- [11] ZANKER, K. J., and GOODSON, D., Qualification of a flow conditioning device according to the new API 14.3 procedure. *Flow Measurement and Instrumentation*, 11, June 2000, pp 79 – 87.
- [12] READER-HARRIS, M. J., and BRUNTON, W. C., The effect of diameter steps in upstream pipework on orifice plate discharge coefficients. In *Proc. of 5th Int. Symp. on Fluid Flow Measurement*, Washington, D.C., April 2002.
- [13] MORROW, T. B., Metering Research Facility Program Orifice Meter Installation Effects: Ten-inch sliding flow conditioner tests. *Technical Memorandum GRI Report No. GRI-96/0391*. San Antonio, Texas: Southwest Research Institute, November 1996.
- [14] KARNIK, U. A., compact orifice meter/flow conditioner package. In *Proc. of 3rd Int. Symp. on Fluid Flow Measurement*, San Antonio, Texas, March 1995.
- [15] KARNIK, U., STUDZINSKI, W., GEERLIGS, J, and KOWCH, R., Scale up tests on the NOVA Flow Conditioner for orifice meter applications. In *Proc. of 4th Int. Symp. on Fluid Flow Measurement*, Denver, Colorado, June 1999..

- [16] ISO/TR 3313:1998, *Measurement of fluid flow in closed conduits — Guidelines on the effects of flow pulsations on flow-measurement instruments.*
- [17] ISO 4288:1996, *Geometrical Product Specification (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture*
- [18] ISO/TR 5168:1998, *Measurement of fluid flow — Evaluation of uncertainties.*
- [19] ISO/TR 9464:1998, *Guidelines for the use of ISO 5167-1:1991.*

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ANMERKUNG Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abweichungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
ISO 4006	1991	<i>Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen</i>	EN 24006	1993
ISO 5167-1	2003	<i>Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen</i>	EN ISO 5167-1	2003