

Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten
in voll durchströmten Leitungen mit KreisquerschnittTeil 2: Blenden
(ISO/DIS 5167-2:2000)
Deutsche Fassung prEN ISO 5167-2:2000**DIN****EN ISO 5167-2**

ICS 17.120.10

Einsprüche bis 2000-12-31

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full –
Part 2: Orifice plates (ISO/DIS 5167-2: 2000);
German version prEN ISO 5167-2: 2000

Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire –
Partie 2: Diaphragmes (ISO/DIS 5167-2: 2000);
Version allemande prEN ISO 5167-2: 2000

Vorgesehen mit
E DIN EN ISO 5167-1:2000-10,
E DIN EN ISO 5167-3:2000-10
und
E DIN EN ISO 5167-4:2000-10,
als Ersatz für
DIN EN ISO 5167-1:1995-11
und
DIN EN ISO 5167-1/A1:1998-06

Anwendungswarnvermerk

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

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

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

Nationales Vorwort

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

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

ISO 4006 siehe DIN EN 24006

Änderungen

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

- Teil 1 enthält nur noch die allgemeinen Festlegungen für alle Drosselgeräte sowie für Strömungs-gleichrichter und -umformer, wobei die speziellen Festlegungen für bestimmte Drosselgeräte in Teil 2 "Blenden", Teil 3 "Düsen und Venturidüsen" und in Teil 4 "Venturirohre" festgelegt wurden;
- Änderungsinhalte aus DIN EN ISO 5167-1/A1:1998-06, die speziellen Festlegungen für Blenden betreffen, wurden in diesen Teil 2 aufgenommen. Das betrifft besonders für die Übernahme der neuen Gleichung für den Durchflusskoeffizienten C (Reader-Harris/Gallagher-Gleichung) und die sich aus der Nutzung der neuen Gleichung ergebenden Änderungen gegenüber DIN EN ISO 5167-1:1995-11 zu.
- Es wurden Strömungsgleichrichter in diesen Teil von DIN EN ISO 5167 aufgenommen, die die Anforderungen und Bedingungen nach DIN EN ISO 5167-1 erfüllen.

Fortsetzung Seite 2
und 52 Seiten prEN

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

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

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

Deutsche Fassung

**Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten
in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt
Teil 1: Blenden
(ISO 5167-2: 2000)**

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: 2000)

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: 2000)

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

Der Text dieses Norm-Entwurfes umfasst den Text der ISO

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

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

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

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

CEN

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

INHALT

1	Anwendungsbereich
2	Normative verweisungen und begriffe
3	Messprinzip und Berechnungsverfahren
4	Blenden
4.1	Beschreibung
4.1.1	Allgemeines
4.1.2	Stirnseite A
4.1.3	Rückseite B
4.1.4	Dicke E und Länge e
4.1.5	Abschrägwinkel F
4.1.6	Kanten G , H und I
4.1.7	Öffnungsdurchmesser d
4.1.8	Bidirektionale Blenden
4.1.9	Werkstoff und Herstellung
4.2	Druckentnahmen
4.2.1	Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen und Blenden mit Flansch-Druckentnahmen
4.2.2	Blenden mit Eck-Druckentnahmen
4.3	Durchflußkoeffizienten und zugehörige Meßunsicherheiten
4.3.1	Anwendungsbereiche
4.3.2	Koeffizienten
4.3.3	Unsicherheiten
4.4	Druckverlust
5	Anforderungen an den Einbau
5.1	Allgemeines
5.2	Erforderliche störungsfreie gerade Rohrstrecken im Ein- und Auslauf zwischen verschiedenen Rohreinbauten und der Blende
5.3	Strömungsgleichrichter
5.3.1	Allgemeines
5.3.2	19-Rohrbündelgleichrichter
5.3.3	Zanker-Lochplatten-Strömungsumformer
5.4	Rundheit des Rohres
5.5	Anordnung von Blende und Fassungsringen
5.6	Halterungen und Dichtungen
Anhang A (informativ): Tabellen der Durchflußkoeffizienten und Expansionszahlen	
Anhang B (informativ): Strömungsgleichrichter	
B.1	Allgemeines
B.2	Gallagher-Strömungsgleichrichter
B.3	NOVA Ausführung des K-Lab Lochplatten-Strömungsumformers
Anhang C (informativ) Literaturhinweise	

Vorwort

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

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

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

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

Die Internationale Norm ISO 5761-2 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30, Unterkomitee SC2 erarbeitet.

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

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

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

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil 2 von ISO 5167 werden die Maße und die Anwendungen (Einbau und Betriebsbedingungen) von Blenden beschrieben, die in einer voll gefüllten Rohrleitung zur Bestimmung des Durchflusses eingebaut sind.

Außerdem werden Hintergrundinformationen für die Durchflußberechnung angegeben. Der vorliegende Teil der Norm ist zusammen mit den in ISO 5167, Teil 1 definierten Anforderungen anzuwenden. Teil 1 enthält allgemeine Informationen und ist auf alle durch die Norm erfaßten Drosselgeräte – d.h. Blenden, Düsen, Venturi-Rohre – anwendbar.

Das im vorliegenden Teil 2 von ISO 5167 behandelte Primärgerät ist eine Blende mit Flansch-Druckentnahmen, Eck- Druckentnahmen oder D - und $D/2$ -Druckentnahme. Andere Druckentnahmen wie z.B. Vena-Contracta- und beliebige Druckentnahmen im Rohr werden im Zusammenhang mit Blenden zwar verwendet, sind jedoch nicht Gegenstand dieser Norm. Der vorliegende Teil von ISO 5167 gilt nur für eine Strömung, die innerhalb der gesamten Meßstrecke im Unterschallbereich liegt und bei der das Fluid einphasig ist. Teil 2 gilt weder für die Messung von Pulsationsströmungen, noch für Blenden in Meßstrecken mit einem Rohrdurchmesser < 50 mm bzw. > 1000 mm oder für (Rohr-bezogene) Reynolds-Zahlen unter 5000.

2 Normative Verweisungen und Begriffe

Die in diesem Teil 2 verwendeten normativen Verweisungen und Begriffe finden sich in ISO 5167, Teil 1. Gleiches gilt für die entsprechenden Formelzeichen und Indizes.

3 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 und -auslauf. Der Massendurchfluß kann durch folgende Gleichung bestimmt werden:

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

Die Grenzen für die Unsicherheit des so bestimmten Massendurchflusses lassen sich mit Hilfe des in ISO 5167-1, Kapitel 8 beschriebenen Verfahrens berechnen.

Die Berechnung des Massendurchflusses, was ein rein rechnerischer Prozeß ist, erfolgt durch Ersetzen der verschiedenen Gleichungselemente im rechten Teil der vorstehenden Grundgleichung (1) durch ihre numerischen Werte.

Entsprechend berechnet sich der Wert des Volumenstroms, q_v aus

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

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

ANMERKUNGEN:

1. Wie nachstehend in diesem Teil von ISO 5167 gezeigt, ist der Durchflußkoeffizient C abhängig von der Reynoldszahl Re , die wiederum eine Funktion von q_m ist und durch Iteration ermittelt werden muß (siehe Anhang A von ISO 5167-1, der einen Leitfaden für die Wahl des Iterationsverfahrens und für eine erste Abschätzung darstellt).
2. Die Durchmesser d und D in den Gleichungen sind Durchmesserwerte unter Betriebsbedingungen. Durchmesserbestimmungen, die unter anderen Bedingungen durchgeführt wurden, sind hinsichtlich Ausdehnung und Zusammenziehen der Blende und der Rohrleitung mit der Temperatur und dem Druck des Fluids zu korrigieren und auf Meßbedingungen umzurechnen.
3. Für die Messung muß die Dichte und die Viskosität des Fluids bei Betriebsbedingungen bekannt sein. Bei einem kompressiblen Fluid muß darüber hinaus der Isentropenexponent des Fluids bei Betriebsbedingungen bekannt sein.

4 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 4.3.1 gegeben.

4.1 Beschreibung

Bild 1 zeigt eine Blendenscheibe in Seitenansicht (als Schnitt entlang des Rohrquerschnitts).

Die Bezeichnungen in Bild 1 beziehen sich auf den nachstehenden Text.

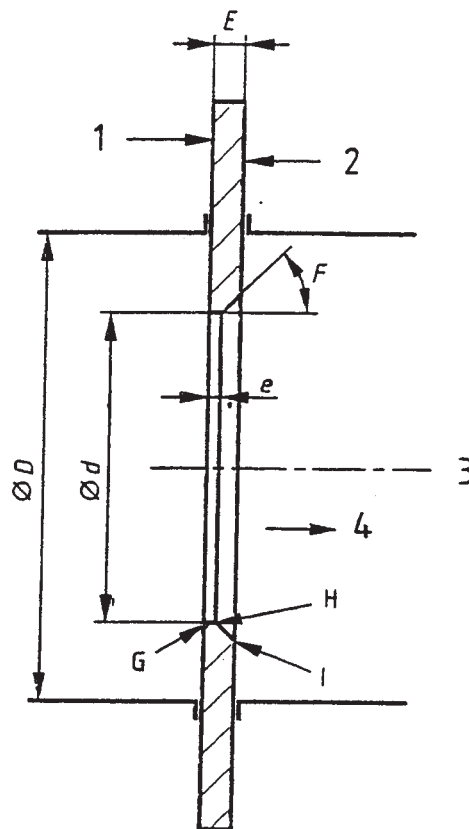
4.1.1 Allgemeines

4.1.1.1 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.

4.1.1.2 Die folgende Beschreibung gilt, wenn nicht anders angegeben, nur für den im Rohr liegenden Teil der Blende.

4.1.1.3 Bei Auslegung 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 bewirken, daß die Neigung der in 4.1.2.1 definierten Geraden unter Betriebsbedingungen 1 % überschreitet.

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



- 1. Stirnseite A
- 2. Rückseite B
- 3. Symmetrieachse
- 4. Strömungsrichtung
- G Einlaufkante
- H,I Auslaufkanten
- F Abschrägwinkel
- e Länge der Blendenöffnung
- E Dicke der Blendenscheibe

Bild 1 – Genormte Blende

4.1.2 Stirnseite A

4.1.2.1 Die Stirnseite A der Blende muß nach dem Einbau in eine Rohrleitung für einen Differenzdruck 0 eben sein. Falls gezeigt werden kann, daß die Blende durch die Art 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 an einem beliebigen Durchmesser der Blende (siehe Bild 2) kleiner als $0,005 (D - d)/2$ ist, d.h. die Neigung bei Prüfung der Blende vor Einbau in die Meßstrecke kleiner als 0,5 % ist. Wie das Bild zeigt, liegt der kritische Bereich unmittelbar im Bereich der Blendenbohrung. Die Unsicherheitsanforderungen für dieses Maß lassen sich mittels Fühlerlehren nachweisen.

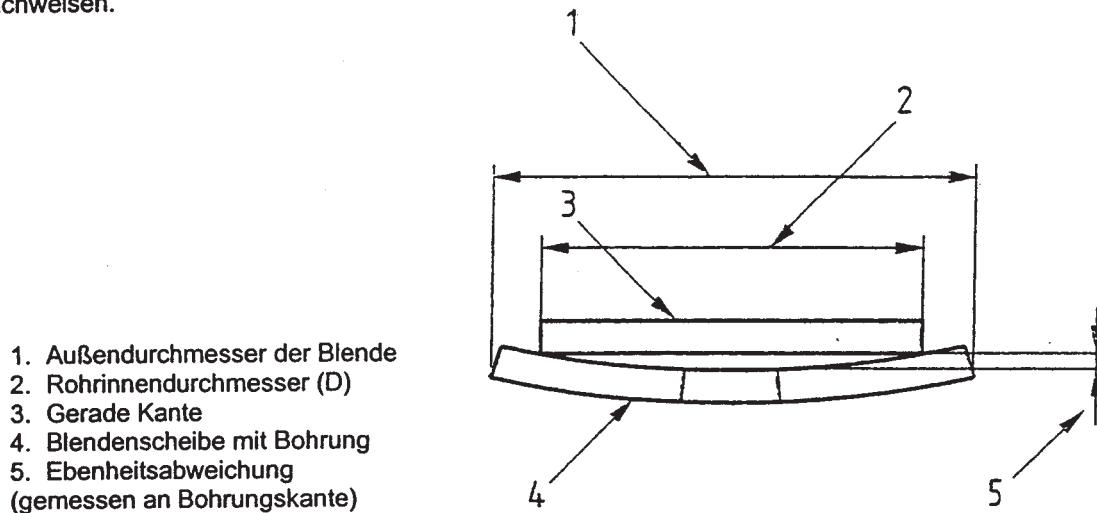


Bild 2 – Prüfung der Ebenheit der Meßblende

4.1.2.2 Die Stirnseite der Blende muß innerhalb eines zur Blendenöffnung konzentrischen Kreises mit einem Durchmesser von mindestens D einen arithmetischen Mittelrauhwert $R_a < 10^{-4}d$ haben. In jedem Fall darf die Rauigkeit 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 nachpoliert oder gesäubert werden.

4.1.2.3 Es ist zweckmäßig, eine deutliche, nach Einbau der Blende noch sichtbare Markierung anzubringen, die die richtige Einbaulage der Blende im Hinblick auf die Strömungsrichtung anzeigt.

4.1.3 Rückseite B

4.1.3.1 Die Rückseite B muß eben und parallel zur Stirnseite sein (siehe auch 4.1.4.4).

4.1.3.2 Obwohl es die Herstellung einer Blende vereinfachen kann, wenn beide Seiten die gleichen Oberflächenbeschaffenheiten aufweisen, braucht die Rückseite nicht die Oberflächenqualität der Stirnseite aufzuweisen (siehe [1], siehe jedoch auch 4.1.8).

4.1.3.3 Für die Beurteilung der Ebenheit und der Oberflächenbeschaffenheit der Rückseite genügt die Sichtprüfung.

4.1.4 Dicke E und Länge e

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

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

4.1.4.3 Die Dicke E der Blendenscheibe muß zwischen e und $0,05 D$ liegen.

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

Daneben sind die Anforderungen gemäß 4.1.1.3 zu erfüllen.

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

4.1.5 Abschrägwinkel F

4.1.5.1 Überschreitet die Dicke E der Blendenscheibe die Länge e der Blendenöffnung, dann muß die Scheibe an der Rückseite abgeschrägt werden. Die Oberfläche der Abschrägung muß glatt sein.

4.1.5.2 Der Abschrägwinkel F muß $45^\circ \pm 15^\circ$ betragen.

4.1.6 Kanten G , H und I

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

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

Für $d \geq 25$ mm ist diese Bedingung im allgemeinen erfüllt, wenn mit dem bloßen Auge festgestellt wird, daß die Kante keinen Lichtstrahl reflektiert.

Für $d < 25$ mm ist eine Sichtprüfung nicht ausreichend.

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

4.1.6.3 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.

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

4.1.7 Öffnungsdurchmesser d

4.1.7.1 Der Durchmesser d muß stets gleich oder größer als $12,5$ mm sein. Das Durchmesser Verhältnis $\beta = d/D$ ist stets $\geq 0,10$ und $\leq 0,75$.

Innerhalb dieser Grenzen ist β durch den Anwender auszuwählen.

4.1.7.2 Der Durchmesser d der Blendenöffnung ist der Mittelwert aus mindestens vier Durchmessern, die in annähernd gleichen Winkelabständen zueinander gemessen sind. Es ist darauf zu achten, daß die Kante und der zylindrische Teil bei diesen Messungen nicht beschädigt werden.

4.1.7.3 Die Blendenöffnung muß zylindrisch sein.

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

4.1.8 Bidirektionale Blenden

4.1.8.1 Wird die Blende für Durchflüsse mit wechselnder Strömungsrichtung verwendet, so gilt:

- a) die Blende darf nicht abgeschrägt sein;
- b) beide Blendenseiten müssen mit der Beschreibung der Stirnseite nach 4.1.2 übereinstimmen;
- c) die Dicke E der Blende muß gleich der Länge e der zylindrischen Blendenöffnung nach 4.1.4 sein; der Wirkdruck muß konsequenterweise begrenzt werden, um Verformungen zu vermeiden (siehe 4.1.1.3);

- d) die beiden Kanten der Blendenöffnung müssen mit der Beschreibung der Einlaufkante nach 4.1.6 übereinstimmen.

4.1.8.2 Für Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen (siehe 4.2), müssen außerdem je zwei Sätze von Bohrungen für die Plus- und Minus-Druckentnahmen angebracht sein, die je nach Durchflußrichtung sinngemäß zu benutzen sind.

4.1.9 Werkstoff und Herstellung

Die Blende kann aus jedem Material und nach jedem beliebigen Fertigungsverfahren hergestellt werden, sofern sie während der Durchflußmessung mit der vorhergehenden Beschreibung in Übereinstimmung bleibt.

4.2 Druckentnahmen

Für jede Blende muß mindestens eine Plus- und eine Minus-Druckentnahme an einer der genormten Stellen vorgesehen sein, d.h. als D - und $D/2$ -, Flansch- oder Eckdruckentnahmen.

Eine Blende darf mit verschiedenen genormten Druckentnahmen 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 Anordnung der Druckentnahmen kennzeichnet die Art der genormten Blenden.

4.2.1 Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen und Blenden mit Flansch-Druckentnahmen

4.2.1.1 Der Abstand l der Druckentnahme ist gleich dem Abstand zwischen der Mittellinie der Entnahmebohrung und der Ebene der festgelegten Blendenseite der Blende. Bei Anbringung von Druckentnahmen muß die Dicke der Dichtung oder des Dichtungsmaterials berücksichtigt werden.

4.2.1.2 Für Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen (siehe Bild 3) ist der Nennabstand l_1 der Plus-Entnahme gleich D und darf ohne Einfluß auf den Durchflußkoeffizienten auch zwischen $0,9 D$ und $1,1 D$ liegen.

Der Nennabstand l_2 der Minus-Druckentnahme ist gleich $0,5 D$ und darf ohne Einfluß auf den Durchflußkoeffizienten auch zwischen den folgenden Werten liegen:

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

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

4.2.1.3 Für Blenden mit Flansch-Druckentnahmen (siehe Bild 3) ist der Nennabstand l_1 der Plus-Druckentnahme $25,4$ mm, gemessen von der Stirnseite der Blende.

Der Nennabstand l'_2 der Minus-Druckentnahme, gemessen von der Rückseite der Blende, beträgt $25,4$ 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 $150 \text{ mm} \leq D \leq 1000 \text{ mm}$.

4.2.1.4 Die Mittellinie der Entnahmebohrung muß die Rohrachse unter einem Winkel von 90° schneiden.

4.2.1.5 Die Druckentnahmeöffnung muß an der Rohrrinnenseite rund sein. Ihre Kante muß mit der Rohrrinnenseite bündig, gratfrei 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 Bohrungsdurchmessers sein. Innerhalb der Entnahmebohrung an der Bohrungskante und an der Rohrrinnenseite nahe der Bohrung dürfen keine Unregelmäßigkeiten vorhanden sein.

4.2.1.6 Für die Beurteilung der Übereinstimmung der Entnahmebohrungen mit den Anforderungen nach 4.2.1.4 und 4.2.1.5 genügt eine Sichtprüfung.

4.2.1.7 Der Durchmesser von Entnahmebohrungen muß kleiner als $0,13 D$ und kleiner als 13 mm sein.

Der untere Grenzwert für den Durchmesser ist nicht begrenzt und wird nur durch die Gefahr einer Verstopfung oder durch unzureichende Dynamik der Übertragung bestimmt. Plus- und Minus-Druckentnahmen müssen den gleichen Durchmesser aufweisen.

4.2.1.8 Die Entnahmebohrungen müssen, gemessen von der Rohrinneiseite, über eine Länge von mindestens $2,5 \times$ Bohrungsdurchmesser der Entnahmebohrung kreisrund und zylindrisch sein.

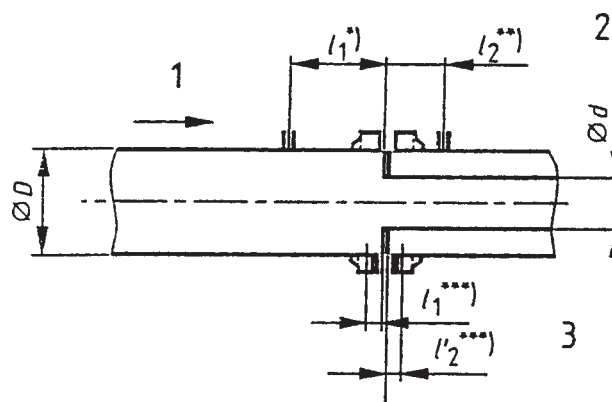
4.2.1.9 Die Mittellinien der Druckentnahmen dürfen in jeder beliebigen axialen Ebene liegen.

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

4.2.2 Blenden mit Eck-Druckentnahmen (siehe Bild 4)

4.2.2.1 Der Abstand der Mitte der Entnahmeöffnung von der zugehörigen Blendenseite muß gleich dem halben Bohrungsdurchmesser oder der halben Entnahmeweite sein, so daß die Entnahmeöffnung in der Rohrwand die zugehörige Blendenseite gerade berührt (siehe auch 4.2.2.5).

4.2.2.2 Die Druckentnahmen dürfen entweder Einzelentnahmen oder ringförmige Schlitze sein. Beide Entnahmeformen können entweder direkt im Rohr oder in Flanschen oder auch in Fassungsringen untergebracht werden, wie dies in Bild 4 dargestellt ist.



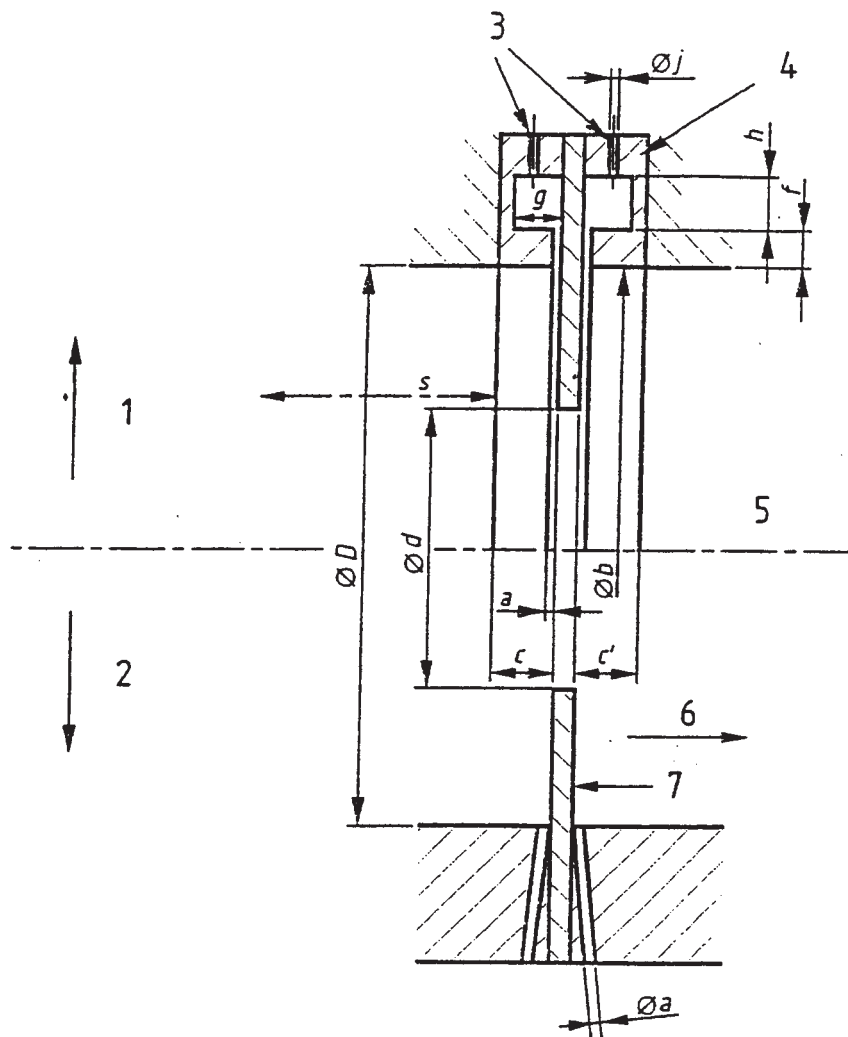
$$*) l_1 = D \pm 0,1 D$$

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

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

1. Strömungsrichtung
2. D - und $D/2$ -Druckentnahmen
3. Flanschdruckentnahmen

Bild 3 – Lage der Druckentnahmen für Blenden mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen sowie Flanschdruckentnahmen



1. Fassungsring mit ringförmigem Schlitz
2. Einzeldruckentnahmen
3. Druckentnahmen
4. Fassungsring
5. Symmetrieachse = Rohrachse
6. Strömungsrichtung
7. Blendenscheibe

- f = Schlitztiefe
 c = Fassungsringbreite im Einlauf
 c' = Fassungsringbreite im Auslauf
 b = Fassungsringdurchmesser
 a = Schlitzweite oder Durchmesser der Einzelanbohrung
 s = Abstand zwischen Durchmesser-sprung stromaufwärts und dem Fassungsring

Bild 4 – Eck-Druckentnahmen

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

Für saubere Fluide und Dämpfe:

– für $\beta \leq 0,65$: $0,005 D \leq a \leq 0,03 D$

– für $\beta > 0,65$: $0,01 D \leq a \leq 0,02 D$

Im Falle von $D < 100$ mm ist ein Wert a 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 Einzelanbohrungen: $4 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$.

4.2.2.4 Der Ringspalt ist gewöhnlich über den ganzen Umfang, also ohne Unterbrechung, 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.

4.2.2.5 Bei Einzelanbohrungen nach Bild 4 b) soll die Bohrungsachse möglichst die Rohrachse unter einem Winkel von 90° schneiden.

Sind mehrere Einzelanbohrungen auf der Plus- und der Minusseite in der gleichen Ebene vorhanden, so müssen deren Bohrungsachsen gleiche Winkelabstände zueinander haben. Der Durchmesser der Einzelentnahmebohrungen ist in 4.2.2.3 angegeben.

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

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

4.2.2.6 Der Innendurchmesser b der Fassungsringe muß gleich oder größer als der Rohrdurchmesser D sein, damit sie nicht ins Rohr hineinragen. Er darf jedoch einen Wert von $1,04 D$ nicht überschreiten. Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

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

Die Breiten c und c' der Fassungsringe auf der Einlauf- und Auslaufseite (siehe Bild 4) dürfen nicht größer als $0,5 D$ sein.

Die Schlitztiefe f muß gleich oder größer sein als die doppelte Schlitzweite a . Der Ringkammerquerschnitt $g \cdot h$ muß gleich oder größer sein als die Hälfte der gesamten Fläche der Öffnung, die das Rohrinne mit der Ringkammer verbinden.

4.2.2.7 Die mit dem gemessenen Fluid in Berührung kommenden Flächen des Fassungsringes müssen sorgfältig bearbeitet und sauber sein. Die Oberflächenbeschaffenheit muß den Rohr-Rauhigkeitsanforderungen entsprechen (siehe 4.3.1).

4.2.2.8 Die Entnahmebohrungen, die die Ringkammern mit den Sekundärgeräten verbinden, müssen rund sein und einen Durchmesser j zwischen 4 mm und 10 mm ausweisen (siehe 4.2.1.5).

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

4.2.2.10 Der Rohrdurchmesser muß nach 5.4.2 gemessen werden, wobei der Fassungsring als Teil der Blende angesehen werden muß. Dies gilt auch für die nach 5.4.4. angegebene Anforderung für die Entfernung, so daß die Länge s von der Anströmkante des rückspringenden Fassungsringes aus gemessen werden muß.

4.3 Durchflußkoeffizienten von Blenden und zugehörige Sicherheiten

4.3.1 Anwendungsbereiche

Genormte Blenden nach diesem Teil von ISO 5167 dürfen nur unter den folgenden Bedingungen angewendet werden.

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

- $d \geq 12,5$ mm,
- $50 \text{ mm} \leq D \leq 1000$ mm,
- $0,1 \leq \beta \leq 0,75$,
- $Re_D \geq 5000$ für $0,1 \leq \beta \leq 0,559$,
- $Re_D \geq 16000 \beta^2$ für $\beta > 0,559$.

Für Blenden mit Flansch-Druckentnahmen:

- $d \geq 12,5$ mm,
- $50 \text{ mm} \leq D \leq 1000$ mm,
- $0,1 \leq \beta \leq 0,75$,

Sowohl $Re_D \geq 5000$ als auch $Re_D \geq 170 \beta^2 D$,

wobei D in mm angegeben ist.

Die Rohrrinnenrauigkeit muß folgenden Werten entsprechen, wenn die Unsicherheitswerte der Norm eingehalten werden sollen: Der Wert der mathematisch bestimmten, durchschnittlichen Abweichung der Rauheit R_a muß einem Wert entsprechen, der sicherstellt, daß $10^4 R_a/D$ niedriger ist als der obere Grenzwert nach Tabelle 1 und höher als der untere Grenzwert nach Tabelle 2. Die Gleichung für den Durchflußkoeffizienten (4.3.2.1) wurde aufgestellt anhand einer Datenbank, deren C-Werte für Meßstrecken bekannter Rauigkeit ermittelt wurden; die Grenzwerte für R_a/D wurden dabei so gewählt, daß die durch Verwendung von Rohren abweichender Rauigkeit bedingte Abweichung des Durchflußkoeffizienten nicht so groß ausfällt, daß der Unsicherheitswert nach 4.3.3.1 nicht eingehalten wird. Weitere Angaben zur Rohrrauigkeit, siehe 7.1.5 von ISO 5167-1. Die Grundlage für die Tabellen 1 und 2 sind in den Literaturhinweisen [2] - [4] beschrieben.

Tabelle 1 – Oberer Grenzwert von $10^4 R_a/D$

Re_D β	$\leq 10^4$	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 $10^4 R_a/D$ (wenn ein solcher erforderlich ist)

Re_D β	$\leq 3 \times 10^6$	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 Rohrrauheit muß die in Tabelle 1 und 2 genannten Grenzwerte über eine Einlaufänge von $10 D$ vor der Blende einhalten. Die Anforderungen gelten dabei für den Blendenhalter und die einlaufseitige Leitung. Die Rohrrauheit hinter der Blende ist nicht von entsprechender Bedeutung.

ANMERKUNG: In einem der beiden folgenden Fälle gelten die Anforderungen dieses Kapitels als erfüllt:

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

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

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

4.3.2 Koeffizienten

4.3.2.1 Durchflußkoeffizient C

Der Durchflußkoeffizient C ist durch die Reader-Harris/Gallagher-Gleichung (1998) gegeben.

$$C = 0,5961 + 0,0261\beta^2 - 0,216\beta^8 + 0,000521 \left(\frac{10^6 \beta}{Re_D} \right)^{0,7} + (0,0188 + 0,0063A)\beta^{3,5} \left(\frac{10^6}{Re_D} \right)^{0,3} + (0,043 + 0,080e^{-10L_1} - 0,123e^{-7L_1})(1 - 0,11A) \left(\frac{\beta^4}{1 - \beta^4} \right) - 0,031(M'_2 - 0,8M'_2{}^{1,1})\beta^{1,3}.$$

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

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

Hierin bedeuten:

$\beta = d/D$ das Durchmesser Verhältnis;

Re_D die Reynoldszahl bezogen auf D ;

$L_1 = l_1/D$ das Verhältnis des Abstandes der Druckentnahme im Einlauf von der Blendenstirnseite zum Rohrdurchmesser; und

$L'_2 = l'_2/D$ das Verhältnis des Abstandes der Druckentnahme im Auslauf von der Blendenrückseite zum Rohrdurchmesser (L'_2 deutet den Bezug auf den Abstand von der Blendenrückseite an, L_2 würde sich auf den Abstand von der Blendenstirnseite beziehen.)

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

$$A = \left(\frac{19000\beta}{Re_D} \right)^{0,8}$$

Sind die Anforderungen nach 4.2.1.2, 4.2.1.3 oder 4.2.2. 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:

$$L_1 = 1$$

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

- für Flansch-Druckentnahmen

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

wobei D in mm angegeben ist.

Die Gleichung nach Reader-Harris/Gallagher gilt nur für Anordnungen von Druckentnahmen, wie sie in 4.2.1 und 4.2.2 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.

Diese Gleichung und die in 4.3.3 angegebenen Unsicherheiten sind nur gültig, wenn die Messungen innerhalb der Anwendungsgrenzen nach 4.3.1 liegen und die allgemeinen Einbauanforderungen des Abschnitts 5 sowie von ISO 5167-1 erfüllt sind.

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

4.3.2.2 Expansionszahl ε

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

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

Diese Gleichung ist nur innerhalb der in 4.3.1 angegebenen Grenzen anwendbar.

Für die Bestimmung von ε liegen Versuche mit Luft, Dampf und Erdgas vor. Es bestehen jedoch keine Bedenken, die Gleichung auf andere Gase und Dämpfe mit bekannten Isentropenexponenten anzuwenden.

Momentan ist die Gleichung nur anwendbar für $p_2/p_1 \geq 0,75$.

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

4.3.3 Unsicherheiten

4.3.3.1 Unsicherheit des Durchflußkoeffizienten C

Wenn β , D , Re_D und R_g/D als fehlerfrei angenommen werden können, beträgt die relative Unsicherheit von C bei allen drei Druckentnahmearten:

$(0,7 - \beta) \%$ 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 $D < 71,12 \text{ mm}$ (2,8 "), so ist die folgende relative Unsicherheit den vorgenannten Werten arithmetisch hinzuzufügen:

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

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

$+0,5 \%$