

DIN EN ISO 5167-2



ICS 17.120.10

Ersatz für
DIN EN ISO 5167-2:2004-01

**Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll
durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt –
Teil 2: Blenden (ISO 5167-2:2022);
Deutsche Fassung EN ISO 5167-2:2022**

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular
cross-section conduits running full –
Part 2: Orifice plates (ISO 5167-2:2022);
German version EN ISO 5167-2:2022

Mesurage de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites
en charge de section circulaire –
Partie 2: Diaphragmes (ISO 5167-2:2022);
Version allemande EN ISO 5167-2:2022

Gesamtumfang 72 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5167-2:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/SS F05 „Messinstrumente“ erarbeitet, dessen Sekretariat von CCMC gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-04-02 AA „Durchfluss und Menge“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG).

DIN EN ISO 5167 besteht unter dem allgemeinen Titel *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt* aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen
- Teil 2: Blenden
- Teil 3: Düsen und Venturidüsen
- Teil 4: Venturirohre
- Teil 5: Konus-Durchflussmesser
- Teil 6: Keil-Durchflussmesser

Wie in DIN EN ISO 5167-1 beschrieben, wird in diesem Dokument der Begriff „Strömungsumformer“ für die Beschreibung von sowohl wirklichen Strömungsumformern als auch Strömungsgleichrichtern verwendet.

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

ISO 4006	siehe	DIN EN 24006
ISO 5167-1	siehe	DIN EN ISO 5167-1
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5167-2:2004-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) eine überarbeitete größte Dicke der Bohrungskante ist für $\beta < 0,2$ angegeben;
- b) bezüglich des erforderlichen Abstands zwischen zwei 45°-Krümmern, für die die gerade Rohrleitungsstrecke auf der Einlaufseite einer Blende angegeben ist, wurde eine Korrektur vorgenommen;
- c) für das T-Stück, für das die gerade Rohrleitungsstrecke auf der Einlaufseite einer Blende angegeben ist, ist eine klarere Festlegung enthalten;
- d) die Durchflussskalibrierung von Blendern ist enthalten;
- e) der Wortlaut bezüglich der Regeln für die Abstände zwischen mehreren Einbaustörungen wurde verbessert, die eigentlichen Anforderungen wurden aber nicht geändert.
- f) Übersetzung von Fachbegriffen über die gesamte Reihe DIN EN ISO 5167 vereinheitlicht und Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 1952: 1932-01, 1935-01, 1937-01, 1943-01, 1948-11, 1969-05, 1971-08, 1982-07

DIN EN ISO 5167-1: 1995-11

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

DIN EN ISO 5167-2: 2004-01

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5167-1, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

Deutsche Fassung

**Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll
durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt —
Teil 2: Blenden (ISO 5167-2:2022)**

Measurement of fluid flow
by means of pressure differential devices inserted in
circular cross-section conduits running full —
Part 2: Orifice plates (ISO 5167-2:2022)

Mesurage de débit des fluides
au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des
conduites en charge de section circulaire —
Partie 2: Diaphragmes (ISO 5167-2:2022)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 17. Juni 2022 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 CEN-CENELEC-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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Grundlagen des Mess- und Berechnungsverfahrens	8
5 Blenden	9
5.1 Beschreibung	9
5.1.1 Allgemeines	9
5.1.2 Allgemeine Form	10
5.1.3 Stirnseite A	11
5.1.4 Rückseite B	11
5.1.5 Dicke E und Länge e	12
5.1.6 Abschrägwinkel, α	12
5.1.7 Kanten G, H und I	12
5.1.8 Durchmesser der Blendenöffnung, d	13
5.1.9 Blenden für wechselnde Strömungsrichtungen	13
5.1.10 Werkstoff und Herstellung	13
5.2 Druckentnahmen	14
5.2.1 Allgemeines	14
5.2.2 Blende mit D - und $D/2$ -Druckentnahmen oder Flansch-Druckentnahmen	14
5.2.3 Blende mit Eck-Druckentnahmen	16
5.3 Koeffizienten von Blenden und zugehörige Messunsicherheiten	19
5.3.1 Anwendungsgrenzen	19
5.3.2 Koeffizienten	20
5.3.3 Messunsicherheiten	22
5.4 Druckverlust Δp	23
6 Anforderungen an den Einbau	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Mindestlängen gerader ein- und auslaufseitiger Rohrleitungsstrecken zum Einbau zwischen verschiedenen Einbaustörungen und der Blende	25
6.3 Strömungsumformer	32
6.3.1 Allgemeines	32
6.3.2 19-Rohr-Rohrbündel-Strömungsgleichrichter (1998)	32
6.3.3 Zanker-Lochplatten-Strömungsumformer	39
6.4 Rundheit und Zylindrizität des Rohrs	41
6.5 Ausrichtung von Blende und Fassungsringen	42
6.6 Halterungen und Dichtungen	43
7 Durchflusskalibrierung von Blenden-Durchflussmessern	43
7.1 Allgemeines	43
7.2 Prüfeinrichtung	44
7.3 Einbau des Durchflussmessers	44
7.4 Gestaltung des Prüfprogramms	44

7.5	Angabe der Kalibrierergebnisse im Bericht.....	45
7.6	Unsicherheitsanalyse der Kalibrierung.....	45
7.6.1	Allgemeines	45
7.6.2	Messunsicherheit der Prüfeinrichtung	45
7.6.3	Messunsicherheit des Blenden-Durchflussmessers.....	45
Anhang A (informativ) Tabellen der Durchflusskoeffizienten und Expansionszahlen.....		46
Anhang B (informativ) Strömungsumformer		62
B.1	Allgemeines	62
B.2	Gallagher-Strömungsumformer – Übereinstimmungsprüfung.....	62
B.3	NOVA-Ausführung des K-Lab-Lochplatten-Strömungsumformers: Übereinstimmungsprüfung	65
Literaturhinweise.....		67

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5167-2:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ in Zusammenarbeit mit CCMC erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 5167-2:2003.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 5167-2:2022 wurde von CEN als EN ISO 5167-2:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

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

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

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

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

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

ISO 5167-2 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30, *Measurement of fluid flow in closed conduits*, Unterkomitee SC 2, *Pressure differential devices*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/SS F05, *Messinstrumente*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe von ISO 5167-2 ersetzt die erste Ausgabe (ISO 5167-2:2003), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- für $\beta < 0,2$ ist die maximale Dicke der Blendenkante überarbeitet worden;
- bezüglich des erforderlichen Abstands zwischen zwei 45°-Krümmern, für die die gerade Rohrleitungsstrecke auf der Einlaufseite einer Blende angegeben ist, wurde eine Korrektur vorgenommen;
- für das T-Stück, für das die gerade Rohrleitungsstrecke auf der Einlaufseite einer Blende angegeben ist, ist eine klarere Festlegung enthalten;
- die Durchflusskalibrierung von Blenden ist enthalten;
- der Wortlaut bezüglich der Regeln für die Abstände zwischen mehreren Einbaustörungen wurde verbessert, die eigentlichen Anforderungen wurden aber nicht geändert.

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

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

Einleitung

ISO 5167 ist in sechs Teile gegliedert und behandelt die geometrischen Formen und Maße sowie die Anwendung (Einbau- und Betriebsbedingungen) von Blenden, Düsen, Venturirohren, Konus- und Keil-Durchflussmessern, die in voll durchströmte Leitungen eingebaut werden, um den Durchfluss des in der Leitung strömenden Fluids zu bestimmen. Die Normenreihe enthält weiterhin die notwendigen Angaben zur Berechnung des Durchflusses und der damit verbundenen Messunsicherheit.

ISO 5167 (alle Teile) ist ausschließlich für Drosselgeräte anwendbar, in denen die Strömung in allen Messquerschnitten im Unterschallbereich liegt und das Fluid als einphasig betrachtet werden kann; die Normenreihe ist jedoch nicht für Messungen von pulsierenden Strömungen anwendbar. Ferner kann jedes dieser Drosselgeräte unkalibriert nur innerhalb festgelegter Grenzen für den Rohrdurchmesser und die Reynolds-Zahl verwendet werden, oder alternativ über seinen jeweiligen kalibrierten Bereich.

ISO 5167 (alle Teile) behandelt Drosselgeräte, für die direkte Kalibrierungen in ausreichender Anzahl, Spreizung und Qualität durchgeführt wurden, sodass die Ergebnisse der Kalibrierungen auf ähnliche Anordnungen übertragbar sind und die Kalibrierkoeffizienten innerhalb bestimmter Grenzen der Messunsicherheit angegeben werden können. ISO 5167 (alle Teile) enthält auch eine Verfahrensweise für die jeweils passende Kalibrierung der Drosselgeräte.

In Rohrleitungen eingebaute Geräte werden als Primärgeräte (Drosselgeräte) bezeichnet. Die Benennung Primärgerät schließt die Druckentnahmen ein. Alle weiteren (Mess-)Geräte, die für die Bestimmung des Durchflusses erforderlich sind, werden als Sekundärgeräte bezeichnet, und der Mengenumwerter, der diese Messwerte empfängt und die Algorithmen ausführt, wird als Tertiärgerät bezeichnet. ISO 5167 (alle Teile) behandelt Primärgeräte. Sekundärgeräte (siehe ISO 2186) und Tertiärgeräte werden nur bei Bedarf erwähnt.

Sicherheitsaspekte werden in ISO 5167-1 bis ISO 5167-6 nicht behandelt. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders sicherzustellen, dass das System den zutreffenden Sicherheitsvorschriften entspricht.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die geometrischen Formen und Maße sowie die Anwendung (Einbau- und Betriebsbedingungen) von Blenden fest, die in voll durchströmte Leitungen eingebaut werden, um den Durchfluss des in der Leitung strömenden Fluids zu bestimmen.

Dieses Dokument ist anwendbar in Verbindung mit den in ISO 5167-1 festgelegten Anforderungen und enthält auch Hintergrundinformationen für die Berechnung des Durchflusses.

Dieses Dokument ist anwendbar für Primärgeräte, die über eine Blende verfügen, die mit Flansch-Druckentnahmen oder Eck-Druckentnahmen oder D - und $D/2$ -Druckentnahmen verwendet wird. Andere Druckentnahmen, wie z. B. *Vena-Contracta*-Druckentnahmen und Rohrentnahmen, werden in diesem Dokument nicht behandelt. Dieses Dokument ist ausschließlich für Strömungen anwendbar, die in allen Messquerschnitten im Unterschallbereich liegen und bei denen das Fluid als einphasig betrachtet werden kann. Es ist nicht anwendbar für Messungen von pulsierenden Strömungen [1]. Es behandelt weder die Verwendung von Blenden bei Rohrdurchmessern von weniger als 50 mm oder mehr als 1 000 mm, noch ist es für auf den Rohrdurchmesser bezogene Reynolds-Zahlen unter 5 000 anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

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

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

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

3 Begriffe

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

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

4 Grundlagen des Mess- und Berechnungsverfahrens

Im Grundsatz beruht das Messverfahren darauf, dass ein Blenden-Durchflussmesser in eine von einem Fluid voll durchströmte Rohrleitung eingebaut wird. Das Vorhandensein der Blende erzeugt eine Differenz der statischen Drücke zwischen dem Blendeneinlauf (Stirnseite) und -auslauf (Rückseite). Der Massendurchfluss q_m kann nach 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 Grenzen der Messunsicherheit lassen sich nach dem in ISO 5167-1:2022, Abschnitt 8, beschriebenen Verfahren berechnen.

Die Berechnung des Massendurchflusses, wobei es sich um ein arithmetisches Verfahren handelt, kann durch Ersetzen der verschiedenen Terme auf der rechten Seite der Grundgleichung (1) durch ihre numerischen Werte erfolgen.

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

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

Dabei ist

ρ die Dichte des Fluids bei der Temperatur und dem Druck, auf die sich das Volumen bezieht.

Wie noch später in diesem Dokument gezeigt wird, ist der Durchflusskoeffizient C abhängig von der Reynolds-Zahl Re (siehe ISO 5167-1:2022, 3.3.2), die wiederum eine Funktion von q_m ist und durch Iteration ermittelt werden muss (siehe ISO 5167-1:2022, Anhang A bezüglich einer Leitlinie für die Wahl des Iterationsverfahrens und für erste Schätzwerte).

Die in Gleichung (1) enthaltenen Werte der Durchmesser d und D (da D zur Berechnung von β benötigt wird) entsprechen den Werten der Durchmesser bei Betriebsbedingungen. Messungen, die unter anderen Bedingungen durchgeführt werden, sollten bezüglich einer möglichen Expansion oder Kontraktion der Blende und der Rohrleitung, aufgrund der während der Messung vorliegenden Werte für Temperatur und Druck des Fluids korrigiert werden.

Die Dichte und die Viskosität des Fluids bei Betriebsbedingungen müssen bekannt sein. Handelt es sich um ein kompressibles Fluid, ist es erforderlich, auch dessen Isentropenexponenten bei Betriebsbedingungen zu kennen.

5 Blenden

5.1 Beschreibung

5.1.1 Allgemeines

Da die verschiedenen Ausführungen der einzelnen Arten von genormten Blenden-Durchflussmessern ähnlich sind, genügt eine einzige Beschreibung. Jede Ausführung einer genormten Art eines Blenden-Durchflussmessers ist durch die Anordnung der Druckentnahmen gekennzeichnet.

„Blende“ kann sich lediglich auf die Blendenscheibe oder auf das gesamte Messgerät beziehen; wenn es wichtig ist klarzustellen, dass die Blendenscheibe mitsamt der Verrohrung gemeint sind, kann „Blenden-Durchflussmesser“ verwendet werden.

ANMERKUNG Die Grenzen für die Anwendung sind in 5.3.1 angegeben.

Bild 1 zeigt eine genormte Blende in axialer Schnittansicht.

Die Buchstaben im nachstehenden Text beziehen sich auf die entsprechenden Referenzen in Bild 1.

5.1.2 Allgemeine Form

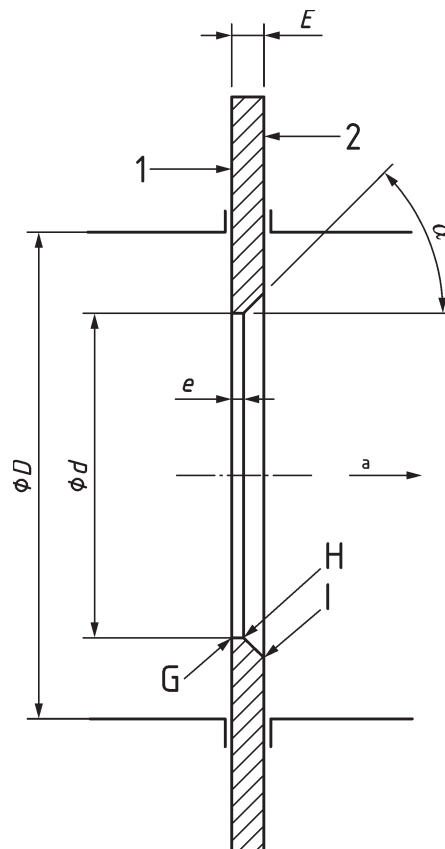
5.1.2.1 Der innerhalb des Rohres liegende Teil der Blende muss kreisförmig und konzentrisch zur Mittelachse des Rohres sein. Die Stirn- und Rückseite der Blende müssen stets eben und parallel zueinander sein.

5.1.2.2 Sofern nicht anders angegeben gelten die folgenden Anforderungen nur für den Teil der Blende, der innerhalb des Rohres liegt.

5.1.2.3 Bei der Auslegung und dem Einbau der Blende muss darauf geachtet werden sicherzustellen, dass plastische und elastische Verformungen der Blendenscheibe, hervorgerufen durch die Größe des Differenzdrucks oder durch andere Beanspruchungen, nicht dazu führen, dass die Neigung der in 5.1.3.1 festgelegten Geraden unter Betriebsbedingungen 1 % überschreitet.

Traditionell waren viele Differenzdrucksysteme auf einen maximalen Differenzdruck von 50 kPa (500 mbar) begrenzt. Mit moderner digitaler Differenzdruck-Messtechnik ist ein höherer maximaler Differenzdruck möglich, vorausgesetzt, der Werkstoff und die Dicke der Blendenscheibe sowie das Abstützverfahren reichen aus, um das Verbiegen oder Ausbeulen zu verhindern.

ANMERKUNG Weitere Informationen sind in ISO/TR 9464:2008, 5.2.5.1.2.3 angegeben.



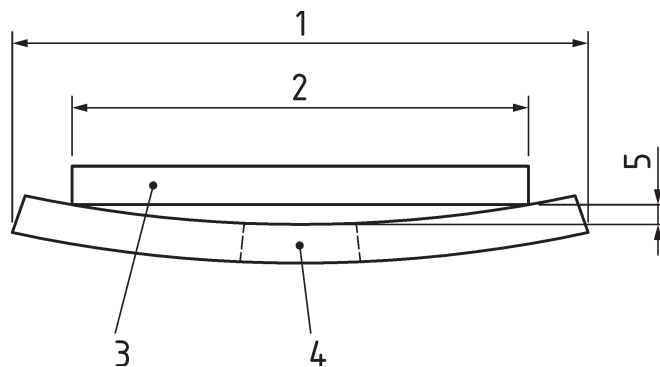
Legende

- 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 im eingebauten Zustand und einem Differenzdruck von Null eben sein. Vorausgesetzt, es kann nachgewiesen werden, dass die Blende durch das Einbauverfahren nicht verformt wird, darf diese Ebenheit mit der Blende im ausgebauten Zustand gemessen werden. Unter diesen Umständen darf die Blende als eben angesehen werden, wenn die größte 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 aus Bild 2 entnommen werden kann, liegt der kritische Bereich unmittelbar im Bereich der Blendenöffnung. Die Anforderungen an die Messunsicherheit für dieses Maß können mittels Fühlerlehren geprüft werden.



Legende

- 1 Außendurchmesser der Blende
- 2 Rohrinnendurchmesser, D
- 3 gerade Kante
- 4 Blendenöffnung
- 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 Mittenrauwert $Ra < 10^{-4}d$ aufweisen. In jedem Fall darf die Rauheit der Stirnseite der Blende nicht die Messung der Kantenschärfe beeinträchtigen. Wenn die Blende unter Betriebsbedingungen nicht den festgelegten Bedingungen entspricht, so muss sie innerhalb eines Durchmessers von mindestens D nachträglich poliert oder gesäubert werden.

5.1.3.3 Sofern möglich ist es zweckmäßig, eine deutliche, nach dem Einbau der Blende noch sichtbare Markierung anzubringen, welche die richtige Einbaulage der Stirnseite der Blende in Bezug 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 der Blende vereinfachen kann, wenn beide Seiten die gleichen Oberflächenbeschaffenheit aufweisen, ist es unnötig, die Rückseite mit der gleichen hohen Oberflächenqualität wie die Stirnseite zu versehen (siehe [5]; aber auch 5.1.9).

5.1.4.3 Die Ebenheit und der Oberflächenzustand der Rückseite dürfen durch eine Sichtprüfung beurteilt werden.

5.1.5 Dicke E und Länge e

5.1.5.1 Die Länge e der Blendenöffnung muss zwischen $0,005D$ und $0,02D$ liegen und stets kleiner sein als $0,1d$.

5.1.5.2 Die Werte von e , gemessen an einer beliebigen 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.

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

Die Anforderungen nach 5.1.2.3 müssen ebenfalls 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. Wenn $D < 200 \text{ mm}$ ist, dürfen die Werte von E , gemessen an beliebiger Stelle der Blende, um nicht mehr als $0,2 \text{ mm}$ 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 weder Gratkanten noch Grate aufweisen.

ANMERKUNG Ein Grat (en: burr) ist ein kleines scharfes Stück Metall, das üblicherweise nach einem Fertigungsverfahren zurückbleibt. Eine Gratkante (en: wire-edge) ist ein Grat, der sich über einen wesentlichen Teil einer Kante erstreckt.

5.1.7.2 Die Einlaufkante G muss scharf sein. Dies gilt als eingehalten, wenn der Kantenradius nicht größer als $0,000\ 4d$ ist.

Für $d \geq 25 \text{ mm}$ kann diese Anforderung im Allgemeinen durch eine Sichtprüfung als erfüllt betrachtet werden, bei der überprüft wird, dass die Kante bei Betrachtung mit bloßem Auge keinen Lichtstrahl reflektiert.

Für $d < 25 \text{ mm}$ ist eine Sichtprüfung nicht ausreichend. Alternativ kann eine Durchflusskalibrierung nach Abschnitt 7 durchgeführt werden.

Sofern hinsichtlich der 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 Blende $90^\circ \pm 0,3^\circ$ 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, weshalb die an sie gestellten Qualitätsanforderungen weniger streng sind als für Kante G. Deshalb sind kleine Oberflächendefekte (beispielsweise eine einzelne Kerbe) zulässig.

5.1.7.5 Verschiedene kleine (Oberflächen-)Defekte an der scharfen Einlaufkante G, wie z. B. eine kleine Kerbe oder eine teilweise Abnutzung an einem kleinen Segment am Umfang der Blendenöffnung, führen nicht zwangsläufig zu beträchtlichen systematischen Messabweichungen der Strömungsvorhersage (siehe [5]). Da es jedoch nicht möglich ist, die Wirkung aller möglichen (Oberflächen-)Defekte zu quantifizieren, die im Betrieb auftreten können, sollte eine Blendenscheibe, die nicht der Spezifikation entspricht, beurteilt und erforderlichenfalls ausgetauscht werden.

5.1.8 Durchmesser der Blendenöffnung, d

5.1.8.1 Der Durchmesser d muss stets größer oder gleich 12,5 mm sein. Das Durchmesserverhältnis $\beta = d/D$ muss stets größer oder gleich 0,10 und kleiner oder gleich 0,75 sein.

Innerhalb dieser Grenzen darf der Wert von β vom Anwender gewählt werden.

5.1.8.2 Der Wert des Durchmessers d der Blendenöffnung muss als Mittelwert der Messwerte von mindestens vier Messungen des Durchmessers, annähernd in gleichen Winkelabständen zueinander genommen werden. Es muss darauf geachtet werden, dass die Kante und die Blendenbohrung bei diesen Messungen nicht beschädigt werden.

5.1.8.3 Die Blendenöffnung muss zylindrisch sein.

Kein Durchmesser darf um mehr als 0,05 % vom Wert des mittleren Durchmessers abweichen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn die Längenabweichung jedes gemessenen Durchmessers mit der vorstehenden Anforderung in Bezug auf den Mittelwert der gemessenen Durchmesser übereinstimmt. Die Oberflächenrauheit der zylindrischen Blendenbohrung darf in keinem Fall die Messung der Kantenschärfe beeinträchtigen.

5.1.9 Blenden für wechselnde Strömungsrichtungen

5.1.9.1 Sofern die Blende für die Messung von Rückströmen vorgesehen ist, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- a) die Blende darf nicht abgeschrägt sein;
- b) die beiden Seiten müssen mit den Festlegungen für die Stirnseite nach 5.1.3 übereinstimmen;
- c) die Dicke E der Blende muss gleich der Länge e der Blendenöffnung nach 5.1.5 sein; folglich kann es erforderlich sein, den Differenzdruck zu begrenzen, um eine Verformung der Blende zu verhindern (siehe 5.1.2.3);
- d) die beiden Kanten der Blendenöffnung müssen mit den Festlegungen für die 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 (einlauf- bzw. auslaufseitige Druckentnahmen) angebracht sein, die jeweils entsprechend der Durchflussrichtung zu benutzen sind.

5.1.10 Werkstoff und Herstellung

Die Blende darf aus jedem Werkstoff und nach jedem beliebigen Fertigungsverfahren hergestellt werden, sofern sie während der Durchflussmessungen mit der vorhergehenden Beschreibung übereinstimmt und diese auch weiterhin erfüllt.

5.2 Druckentnahmen

5.2.1 Allgemeines

Für jede Blende muss mindestens eine Plus- und eine Minus-Druckentnahme (d. h. mindestens eine einlaufseitige und mindestens eine auslaufseitige Druckentnahme) an einer der genormten Stellen, d. h. als D - und $D/2$ -Druckentnahme, Flansch- oder Eck-Druckentnahme eingebaut werden.

Eine einzelne Blende darf mit mehreren Sätzen von Druckentnahmen, die für verschiedene genormte Arten von Blenden-Durchflussmessern geeignet sind, genutzt werden, wobei mehrere Druckentnahmen auf der gleichen Seite der Blende jedoch, um eine gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden, um mindestens 30° versetzt anzuordnen sind.

Die Art des genormten Blenden-Durchflussmessers wird durch die Lage der Druckentnahmen bestimmt.

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

5.2.2.1 Der Abstand l einer Druckentnahme ist der Abstand zwischen der Mittellinie der Bohrung für die Druckentnahme und der Ebene einer festgelegten Seite der Blende. Beim Anbringen der Druckentnahmen muss die Dicke der Dichtungen und/oder des Dichtungsstoffs angemessen 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 , darf jedoch ohne Änderung des Durchflusskoeffizienten auch zwischen $0,9D$ und $1,1D$ liegen.

Der Abstand l_2 der Minus-Druckentnahme (auslaufseitige Druckentnahme) ist nominell gleich $0,5D$, darf jedoch ohne Änderung des Durchflusskoeffizienten auch zwischen den folgenden Werten liegen:

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

Beide Abstände, l_1 und l_2 , werden von der Stirnseite der Blende ausgemessen.

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 einlauf- und ablaufseitigen Abstände l_1 und l'_2 , dürfen innerhalb der folgenden Bereiche liegen, ohne den Durchflusskoeffizienten zu ändern:

- $25,4 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ für $\beta > 0,6$ und $D < 150 \text{ mm}$;
- $25,4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ in allen anderen Fällen, d. h. $\beta \leq 0,6$ oder $\beta > 0,6$, jedoch $150 \text{ mm} \leq D \leq 1\,000 \text{ mm}$.

5.2.2.4 Die Mittellinie der Druckentnahme muss die Mittellinie der Rohrachse so nahe wie möglich 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. Die Kanten müssen mit der Innenfläche der Rohrwand bündig und so scharf wie möglich sein. Um die Entfernung von Bohrgraten oder Spänen an der inneren Kante sicherzustellen, ist eine Abrundung zulässig, die jedoch möglichst klein zu halten ist und deren Radius, sofern er gemessen werden kann, kleiner als ein Zehntel des Durchmessers der Druckentnahmebohrung sein muss. Es dürfen innerhalb der Bohrung für die Druckentnahme, an den Kanten der in die Rohrwand gebohrten Entnahmeöffnung oder an der Rohrwand nahe der Entnahmeöffnung keine Unregelmäßigkeiten vorhanden sein.

5.2.2.6 Die Übereinstimmung der Druckentnahmen mit den Anforderungen nach 5.2.2.4 und 5.2.2.5 darf durch eine Sichtprüfung beurteilt werden.

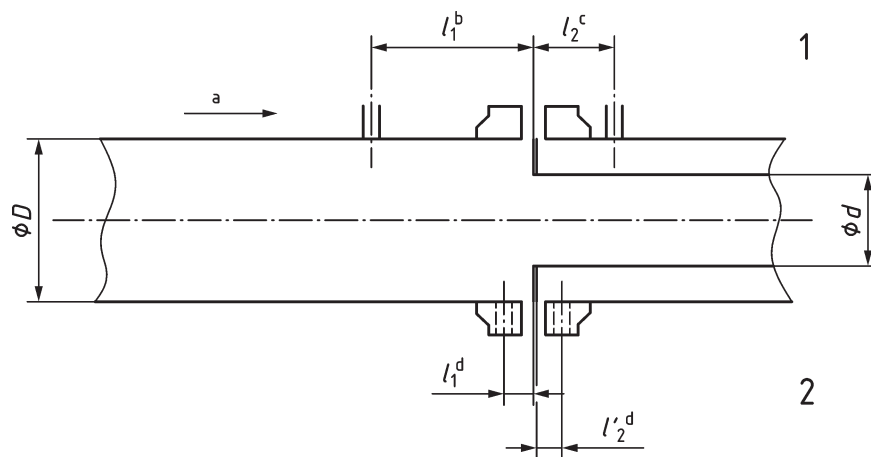
5.2.2.7 Der Durchmesser der Druckentnahmebohrungen muss kleiner als $0,13D$ und kleiner als 13 mm sein.

Keine Einschränkung gibt es für den Minstdurchmesser, der in der Praxis von der Notwendigkeit bestimmt wird, eine unbeabsichtigte Verstopfung zu verhindern und zufriedenstellende dynamische Leistungseigenschaften zu ermöglichen. Die Plus- und Minus-Druckentnahmen müssen den gleichen Durchmesser haben.

5.2.2.8 Gemessen von der Innenwand der Rohrleitung aus, müssen die Bohrungen für die Druckentnahmen über eine Länge von mindestens dem 2,5-fachen Bohrungsinwendurchmesser kreisrund und zylindrisch sein.

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

5.2.2.10 Die Achse der Plus- und die der Minus-Druckentnahme dürfen in verschiedenen axialen Ebenen liegen, sind aber in der Regel in der gleichen axialen Ebene angeordnet.



Legende

- 1 D- und $D/2$ -Druckentnahmen
- 2 Flansch-Druckentnahmen

^a Strömungsrichtung.

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

^c $l_2 = 0,5D \pm 0,02D$ für $\beta \leq 0,6$
 $l_2 = 0,5D \pm 0,01D$ für $\beta > 0,6$

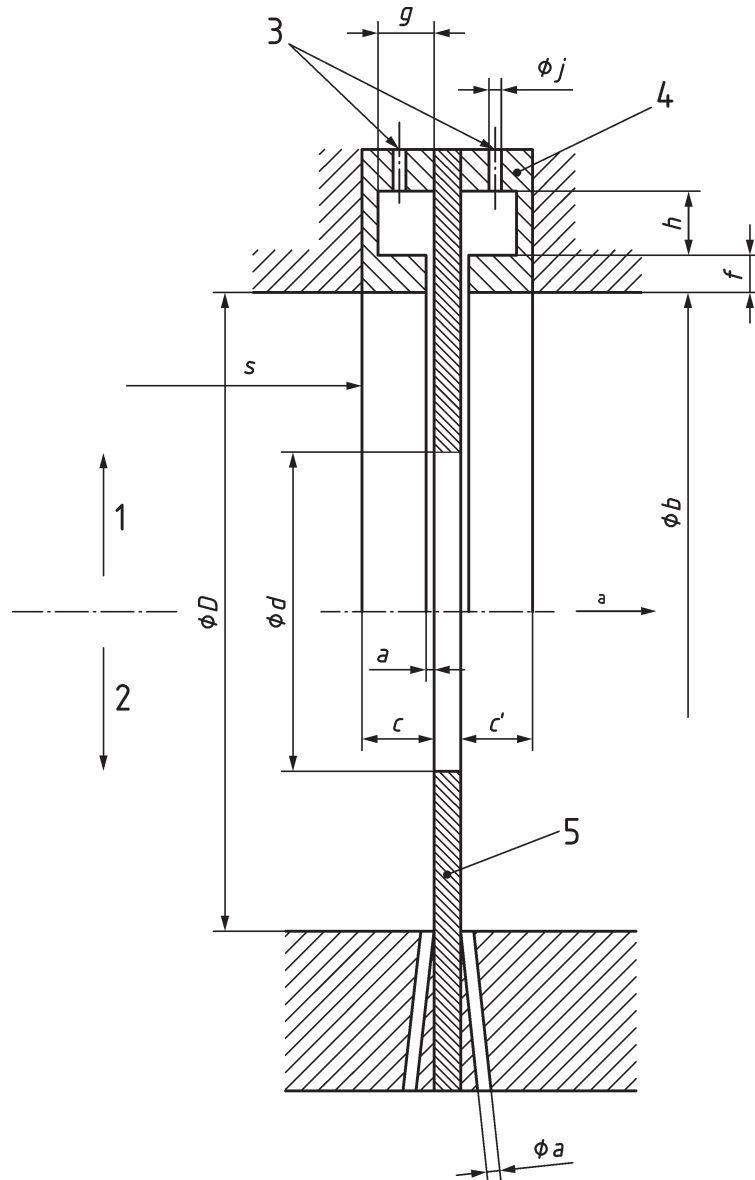
^d $l_1 = l_2' = (25,4 \pm 0,5)$ mm für $\beta > 0,6$ und $D < 150$ mm
 $l_1 = l_2' = (25,4 \pm 1)$ mm für $\beta \leq 0,6$
 $l_1 = l_2' = (25,4 \pm 1)$ mm für $\beta > 0,6$ und $150 \text{ mm} \leq D \leq 1\,000$ mm

Bild 3 — Abstand der Druckentnahmen für Blenden mit D- und $D/2$ -Druckentnahmen oder Flansch-Druckentnahmen

5.2.3 Blende mit Eck-Druckentnahmen

5.2.3.1 Der Abstand zwischen den Mittellinien der Bohrungen für die Druckentnahmen (siehe Bild 4) und den entsprechenden Seiten der Blende ist gleich dem halben Bohrungsdurchmesser oder der halben Entnahmeweite, so dass die Entnahmeöffnungen in der Rohrwand bündig mit den Seiten der Blende sind (siehe auch 5.2.3.5).

5.2.3.2 Die Druckentnahmen dürfen entweder Einzel-Druckentnahmen oder ringförmige Schlitzte sein. Beide Arten von Druckentnahmen dürfen entweder im Rohr oder in den Flanschen oder in Fassungsringen angebracht werden, wie in Bild 4 dargestellt.



Legende

- | | | | |
|--------------|---------------------------------------|-------------|---|
| 1 | Fassungsring mit ringförmigem Schlitz | <i>f</i> | Schlitztiefe |
| 2 | Einzel-Druckentnahmen | <i>c</i> | Breite des Fassungsringes im Einlauf |
| 3 | Druckentnahmen | <i>c'</i> | Breite des Fassungsringes im Auslauf |
| 4 | Fassungsring | <i>b</i> | Durchmesser des Fassungsringes |
| 5 | Blende | <i>a</i> | Schlitzweite oder Durchmesser der Einzel-Druckentnahme |
| ^a | Strömungsrichtung. | <i>s</i> | Abstand zwischen dem Durchmessersprung auf der Einlaufseite |
| | | <i>g, h</i> | Maße der Ringkammer |
| | | <i>j</i> | Durchmesser der Druckentnahme aus der Ringkammer |

Bild 4 — Eck-Druckentnahmen

5.2.3.3 Nachstehend werden der Durchmesser *a* einer Einzel-Druckentnahme und die Schlitzweite *a* angegeben. Der Minstdurchmesser wird in der Praxis von der Notwendigkeit bestimmt, eine unbeabsichtigte Verstopfung zu verhindern und zufriedenstellende dynamische Leistungseigenschaften zu ermöglichen.

Für Fluide und Dämpfe ohne Verunreinigungen:

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

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

Für jeden Wert von β :

- für Fluide ohne Verunreinigungen: $1 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$;
- für Dämpfe, im Fall von Ringkammern: $1 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$;
- für Dämpfe und verflüssigte Gase bei Einzel-Druckentnahmen: $4 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$.

ANMERKUNG Die Anforderungen an die Abmaße als Bruchteil des Rohrdurchmessers basieren auf der geometrischen Ähnlichkeit mit den ursprünglichen Blenden-Messstrecken, auf denen der Durchflusskoeffizient basiert. Für Dämpfe und verflüssigte Gase gibt es Rohrdurchmesser, für die es nicht möglich ist, ein System für die Verwendung von Einzel-Eck-Druckentnahmen herzustellen, das mit diesem Dokument übereinstimmt.

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

5.2.3.5 Wenn Einzel-Druckentnahmen nach Bild 4 verwendet werden, muss deren Mittellinie die Rohrmittellinie unter einem Winkel schneiden, der möglichst nahe bei 90° liegt.

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

Gemessen von der Innenwand der Rohrleitung aus, müssen die Bohrungen für die Druckentnahmen über eine Länge von mindestens dem 2,5-fachen Bohrungsinwendurchmesser kreisrund und zylindrisch sein.

Die Entnahmebohrungen auf der Einlauf- und Auslaufseite müssen den gleichen Durchmesser aufweisen.

5.2.3.6 Um sicherzustellen, dass die Fassungsringe nicht ins Rohr hineinragen, muss ihr Innendurchmesser b gleich oder größer als der Rohrdurchmesser D sein. Er darf jedoch einen Wert von $1,04D$ nicht überschreiten. Darüber hinaus muss die Bedingung in Gleichung (3) erfüllt werden:

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

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

Die Schlitztiefe f muss gleich oder größer sein als die doppelte Weite a des ringförmigen Schlitzes. Die Querschnittsfläche der Ringkammer gh muss gleich oder größer sein als die Hälfte der Gesamtfläche der Öffnung, die diese Kammer mit der Rohrinnenseite verbindet.

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