

DIN EN ISO 5167-3

ICS 17.120.10

Ersatz für
DIN EN ISO 5167-3:2021-12**Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt –
Teil 3: Düsen und Venturidüsen (ISO 5167-3:2022);
Deutsche Fassung EN ISO 5167-3:2022**

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full –
Part 3: Nozzles and Venturi nozzles (ISO 5167-3:2022);
German version EN ISO 5167-3:2022

Mesurage du débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire –
Partie 3: Tuyères et Venturi-tuyères (ISO 5167-3:2022);
Version allemande EN ISO 5167-3:2022

Gesamtumfang 55 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5167-3:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/SS F05 „Messgeräte“ erarbeitet, dessen Sekretariat von CCMC gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-04-02 AA „T 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.

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

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

ISO 4006	siehe	DIN EN 24006
ISO 5167 (all parts)	siehe	DIN EN ISO 5167 (alle Teile)
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5167-3:2021-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Harmonisierung mit ISO/IEC Guide 98-3;
- b) geringfügige Änderungen, um das Dokument mit den übrigen Teilen der Reihe ISO 5167 in Übereinstimmung zu bringen;
- c) in der deutschen Sprachfassung zusätzlich Korrekturen an der Übersetzung und Harmonisierung mit den übrigen Teilen der Normenreihe.

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 5167-3: 2004-01, 2021-12

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5167, *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt*

DIN EN ISO 24006, *Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen (ISO 4006)*

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 3: Düsen und Venturidüsen (ISO 5167-3:2022)**

Measurement of fluid flow
by means of pressure differential devices inserted in
circular cross-section conduits running full —
Part 3: Nozzles and Venturi nozzles (ISO 5167-3:2022)

Mesurage de débit des fluides
au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des
conduites en charge de section circulaire —
Partie 3: Tuyères et Venturi-tuyères (ISO 5167-3:2022)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. Oktober 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	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Grundlagen des Mess- und Berechnungsverfahrens	8
5 Düsen und Venturidüsen	9
5.1 ISA-1932-Düse	9
5.1.1 Allgemeine Form	9
5.1.2 Profil der Düse	9
5.1.3 Rückseite	11
5.1.4 Werkstoff und Fertigung	11
5.1.5 Druckentnahmen	11
5.1.6 Koeffizienten der ISA-1932-Düse	13
5.1.7 Messunsicherheiten	14
5.1.8 Druckverlust $\Delta\varpi$	14
5.2 Langradius-Düsen	15
5.2.1 Allgemeines	15
5.2.2 Profil der Düse mit großem Durchmesser Verhältnis	15
5.2.3 Profil der Düse mit kleinem Durchmesser Verhältnis	17
5.2.4 Werkstoff und Fertigung	17
5.2.5 Druckentnahmen	18
5.2.6 Koeffizienten für Langradius-Düsen	18
5.2.7 Messunsicherheiten	19
5.2.8 Druckverlust $\Delta\varpi$	19
5.3 Düsen mit Entnahmebohrung am Halsteil	19
5.3.1 Allgemeines	19
5.3.2 Profil der Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil	20
5.3.3 Werkstoff und Fertigung	21
5.3.4 Druckentnahmen	21
5.3.5 Koeffizienten	22
5.3.6 Messunsicherheiten	23
5.3.7 Kalibrierung und Extrapolation	23
5.3.8 Druckverlust	24
5.4 Venturidüse	24
5.4.1 Allgemeine Form	24
5.4.2 Werkstoff und Fertigung	26
5.4.3 Druckentnahmen	26
5.4.4 Koeffizienten	27
5.4.5 Messunsicherheiten	28
5.4.6 Druckverlust	28
6 Anforderungen an den Einbau	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Mindestlängen gerader ein- und auslaufseitiger Rohrleitungsstrecken zum Einbau zwischen verschiedenen Einbaustörungen und dem Primärgerät	29
6.3 Strömungsumformer	37
6.4 Rundheit und Zylindrizität des Rohrs	37
6.5 Anordnung von Primärgerät und Fassungsringen	38
6.6 Halterungen und Dichtungen	39
7 Durchflussskalibrierung von Düsen	39

7.1	Allgemeines	39
7.2	Prüfeinrichtung	39
7.3	Einbau des Durchflussmessers	40
7.4	Gestaltung des Prüfprogramms	40
7.5	Angabe der Kalibrierergebnisse im Bericht	40
7.6	Unsicherheitsanalyse der Kalibrierung	40
7.6.1	Allgemeines	40
7.6.2	Messunsicherheit der Prüfeinrichtung	40
7.6.3	Messunsicherheit der Düse	41
Anhang A (informativ)	Tabellenwerte für Durchflusskoeffizienten und Expansionszahlen	42
Anhang B (informativ)	Strömungsgleichrichter vom Akashi-Typ (Mitsubishi-Typ)	50
Literaturhinweise		51

Bilder

Bild 1	— ISA-1932-Düse	10
Bild 2	— Langradius-Düsen	17
Bild 3	— Düsen mit Entnahmebohrung am Halsteil	21
Bild 4	— Venturidüse	25
Bild 5	— Venturidüse — Druckentnahmen	27
Bild 6	— Druckverlust der Venturidüse	29
Bild 7	— Anordnung mit einer Absperrarmatur mit vollem Leitungsquerschnitt mit $\beta = 0,6$	35
Bild 8	— Beispiele für zulässige Einbauverhältnisse (siehe 6.2.9)	36
Bild B.1	— Strömungsgleichrichter vom Akashi-Typ	50

Tabellen

Tabelle 1	— Obere Grenzwerte der relativen einlaufseitigen Rohrrauheit von ISA-1932-Düsen	13
Tabelle 2	— Obere Grenzwerte der relativen einlaufseitigen Rohrrauheit für Venturidüsen	28
Tabelle 3	— Erforderliche gerade Rohrleitungsstrecken für Düsen und Venturidüsen	31
Tabelle A.1	— ISA 1932-Düse — Durchflusskoeffizient C	42
Tabelle A.2	— Langradius-Düse — Durchflusskoeffizient C	43
Tabelle A.3	— Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil — Durchflusskoeffizient C	45
Tabelle A.4	— Venturidüse — Durchflusskoeffizient C	46
Tabelle A.5	— Düsen und Venturidüsen — Expansionszahl ε	48
Tabelle B.1	— Achse der Bohrungen im Strömungsgleichrichter vom Akashi-Typ	50

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5167-3:2022) 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 Mai 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2023 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 5167-3:2020.

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 5167-3:2022 wurde von CEN als EN ISO 5167-3:2022 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.

Dieses Dokument 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, *Messgeräte*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 5167-3:2020), die geringfügig geändert wurde. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Harmonisierung mit ISO/IEC Guide 98-3;
- geringfügige Änderungen zur Harmonisierung mit den anderen Teilen der Reihe ISO 5167.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 5167 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

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 nur innerhalb festgelegter Grenzen für den Rohrdurchmesser und die Reynolds-Zahl verwendet werden.

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 Düsen und Venturidüsen 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 Düsen und Venturidüsen, in denen die Strömung in allen Messquerschnitten im Unterschallbereich liegt und das Fluid als einphasig betrachtet werden kann. Darüber hinaus kann das betreffende Drosselgerät nur innerhalb festgelegter Grenzen für den Rohrdurchmesser und die Reynolds-Zahl angewendet werden. Dieses Dokument ist weder für Messungen von pulsierenden Strömungen noch für die Verwendung von Düsen und Venturidüsen bei Rohrdurchmessern von weniger als 50 mm oder mehr als 630 mm, oder für auf den Rohrdurchmesser bezogene Reynolds-Zahlen unter 10 000 anwendbar.

Dieses Dokument behandelt:

- a) drei Arten von Norm-Düsen:
 - 1) die ISA-1932-Düse¹;
 - 2) die Langradius-Düse²;
 - 3) die Düse mit Entnahmebohrung am Halsteil;
- b) die Venturidüse.

Die drei Arten von Norm-Düsen sind grundsätzlich verschieden und sind in diesem Dokument getrennt behandelt. Die Venturidüse hat die gleiche Stirnseite auf der Einlaufseite wie die ISA-1932-Düse, aber ein divergierendes Teil (Diffusor) und deswegen eine andere Anordnung der Druckentnahmen auf der Auslaufseite und wird deshalb getrennt beschrieben. Diese Ausführung hat einen geringeren Druckverlust als eine gleichartige Düse. Für alle Norm-Düsen und für die Venturidüse wurden direkte Kalibrierungen, ausreichend in Anzahl, Spreizung und Qualität, durchgeführt, sodass die Ergebnisse der Kalibrierungen auf ähnliche Anordnungen übertragbar sind und die Kalibrierkoeffizienten innerhalb bestimmter Grenzen der Messunsicherheit angegeben werden können.

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*

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

2 Die Langradius-Düse weicht von der ISA-1932-Düse durch Form und Lage der Druckentnahmen ab.

3 Begriffe

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

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

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

4 Grundlagen des Mess- und Berechnungsverfahrens

Im Grundsatz beruht das Messverfahren darauf, dass eine Düse oder eine Venturidüse in eine von einem Fluid voll durchströmte Rohrleitung eingebaut wird. Der Einbau des Primärgeräts erzeugt eine Differenz der statischen Drücke zwischen dem Einlauf und der Drosselöffnung (dem Halsteil). Der Durchfluss kann aus diesem gemessenen Differenzdruck, den Eigenschaften des Fluids und den Betriebsbedingungen, unter denen das Drosselgerät eingesetzt wird, bestimmt werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die geometrischen Formen und Maße des eingesetzten Drosselgeräts mit denen des kalibrierten Drosselgeräts übereinstimmen und dass die Betriebsbedingungen gleich sind, d. h., dass das Drosselgerät mit diesem Dokument übereinstimmt.

Der Massendurchfluss 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 Grenzen der Messunsicherheit lassen sich nach dem in ISO 5167-1:2022, Abschnitt 8, beschriebenen Verfahren berechnen.

Entsprechend kann der Wert des Volumendurchflusses nach Gleichung (2) berechnet werden:

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

Dabei ist

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

q_V der Volumendurchfluss.

Die Berechnung des Durchflusses erfolgt rein arithmetisch durch Ersetzen der verschiedenen Terme auf der rechten Seite von Gleichung (1) durch ihre numerischen Werte. Tabelle A.1 bis Tabelle A.5 dienen der Erleichterung der Anwendung. Tabelle A.1, Tabelle A.2 und Tabelle A.4 enthalten die Werte von C als Funktion von β . Die Tabelle A.3 enthält die Werte von C als Funktion von Re_d . Tabelle A.5 enthält Expansionszahlen ε . Diese sind nicht für eine genaue Interpolation bestimmt. Extrapolation ist nicht zulässig.

Der Durchflusskoeffizient C kann von Re_D oder Re_d abhängen, wobei Re_D selbst eine Funktion von q_m ist und durch Iteration zu ermitteln ist. (Siehe hierzu ISO 5167-1 als Anleitung bezüglich der Auswahl des Iterationsverfahrens und der ersten Annahmen.)

Die in Gleichung (1) enthaltenen Werte der Durchmesser d und D entsprechen den Werten der Durchmesser bei Betriebsbedingungen. Messungen, die unter anderen Bedingungen durchgeführt werden, sollten bezüglich einer möglichen Expansion oder Kontraktion des Primärgeräts 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 Düsen und Venturidüsen

5.1 ISA-1932-Düse

5.1.1 Allgemeine Form

Der Teil der Düse, der sich innerhalb der Rohrleitung befindet, ist rotationssymmetrisch. Die Düse besteht aus einem sich verengenden Teil mit einem gerundeten Profil und aus einem zylindrischen Halsteil.

Bild 1 zeigt einen Schnitt durch eine ISA-1932-Düse an einer Ebene, die durch die Mittellinie des Halsteiles führt.

Die Buchstaben im folgenden Text beziehen sich auf Bild 1.

5.1.2 Profil der Düse

5.1.2.1 Das Profil der Düse kann charakterisiert sein durch:

- die zur Mittellinie senkrecht stehende ebene Stirnfläche A;
- den sich verengenden Teil, bestehend aus den zwei Kreisbögen B und C;
- den zylindrischen Halsteil E;
- den möglichen Schutzrand F (nur erforderlich, wenn eine Beschädigung der Austrittskante G zu befürchten ist).

5.1.2.2 Die Stirnfläche A ist durch die Fläche zwischen coaxialen Kreisen um die Mittellinie mit den Durchmessern $1,5d$ und dem Rohrinne Durchmesser D begrenzt.

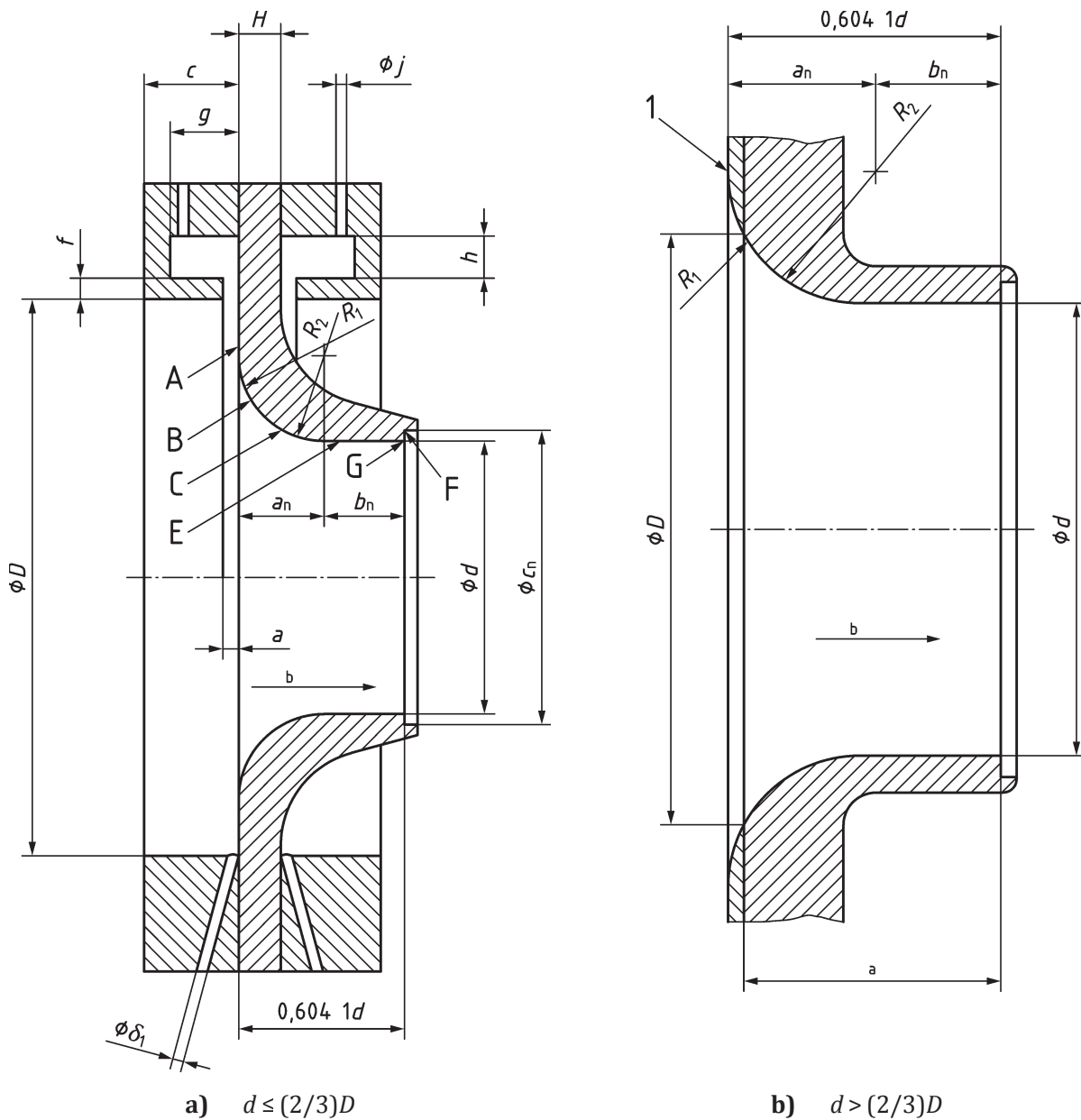
Für $d = (2/3)D$ ist die radiale Breite der Stirnfläche gleich Null.

Bei $d > (2/3)D$ ist innerhalb der Rohrleitung keine einlaufseitige ebene Stirnfläche vorhanden. In diesem Fall wird die Düse so hergestellt, als ob D größer als $1,5d$ wäre, und die Stirnfläche wird so abgedreht, dass der größte Durchmesser des Einlaufprofils gleich dem Rohrdurchmesser D ist [siehe 5.1.2.7 und Bild 1 b)].

5.1.2.3 Der Kreisbogen B geht für $d < (2/3)D$ tangential in die Stirnfläche A über. Sein Radius R_1 ist gleich $0,2d \pm 0,02d$ für $\beta < 0,5$ und $0,2d \pm 0,006d$ für $\beta \geq 0,5$. Sein Mittelpunkt hat einen Abstand von $0,2d$ von der Stirnfläche A und von $0,75d$ von der Mittellinie.

5.1.2.4 Der Kreisbogen C geht tangential in den Kreisbogen B und den Halsteil E über. Sein Radius R_2 ist gleich $d/3 \pm 0,033d$ für $\beta < 0,5$ und $d/3 \pm 0,01d$ für $\beta \geq 0,5$. Sein Mittelpunkt hat einen Abstand von $d/2 + d/3 = (5/6)d$ von der Mittellinie und von der Stirnfläche A einen Abstand nach Gleichung (3):

$$a_n = \left(\frac{12 + \sqrt{39}}{60} \right) d = 0,3041 d \quad (3)$$



Legende

1 abzdrehender Teil

a siehe 5.1.2.7

b Strömungsrichtung

Bild 1 — ISA-1932-Düse

5.1.2.5 Der Halsteil E hat einen Durchmesser d und die Länge $b_n = 0,3d$.

Als Durchmesser d des Halsteils muss der arithmetische Mittelwert aus mindestens vier Durchmessern genommen werden, die in axialen Ebenen mit annähernd gleichen Winkelabständen zueinander verteilt sind.

Der Halsteil muss zylindrisch sein. Kein Durchmesser eines Querschnitts darf um mehr als 0,05 % vom mittleren Durchmesser d abweichen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn keiner der gemessenen Durchmesser die oben genannte Grenze in Bezug auf die Abweichung vom Mittelwert überschreitet.

5.1.2.6 Der Schutzrand F hat einen Durchmesser c_n von mindestens $1,06d$ und eine Länge von höchstens $0,03d$. Das Verhältnis der Tiefe $(c_n - d)/2$ zu seiner axialen Länge darf nicht größer als 1,2 sein.

Die Auslaufkante G muss scharfkantig sein.

5.1.2.7 Die Gesamtlänge der Düse ohne den Schutzrand F als Funktion von β ist gleich:

$$0,604 \, 1d \text{ für } 0,3 \leq \beta \leq \frac{2}{3}$$

und

$$\left(0,404 \, 1 + \sqrt{\frac{0,75}{\beta} - \frac{0,25}{\beta^2} - 0,522 \, 5} \right) d \quad \text{für } \frac{2}{3} < \beta \leq 0,8.$$

5.1.2.8 Das sich verengende einlaufseitige Profil muss mit einer Schablone geprüft werden.

Zwei Durchmesser des sich verengenden einlaufseitigen Profils in derselben zur Mittellinie senkrechten Ebene dürfen sich höchstens um 0,1 % ihres Mittelwertes voneinander unterscheiden.

5.1.2.9 Die Oberfläche der Einlaufseite und die des Halsteils müssen so beschaffen sein, dass sie einen arithmetischen Mittenrauhwert von $Ra \leq 10^{-4}d$ aufweisen.

5.1.3 Rückseite

5.1.3.1 Die Dicke H darf den Wert $0,1D$ nicht überschreiten.

5.1.3.2 Abgesehen von der Bedingung in 5.1.3.1 bestehen für das Profil und die Oberflächenbeschaffenheit der Rückseite keine besonderen Anforderungen (siehe 5.1.1).

5.1.4 Werkstoff und Fertigung

Die ISA-1932-Düse darf aus jedem Werkstoff und nach jedem beliebigen Fertigungsverfahren hergestellt werden, sofern sie während der Durchflussmessung mit der vorhergehenden Beschreibung in Übereinstimmung bleibt.

5.1.5 Druckentnahmen

5.1.5.1 Eck-Druckentnahmen müssen auf der Einlaufseite der Düse angeordnet sein.

Druckentnahmen auf der Einlaufseite (Plus-Druckentnahmen) dürfen entweder Einzeldruckentnahmen oder ringförmige Schlitze sein. Beide Druckentnahmeformen dürfen entweder direkt im Rohr oder in Flanschen oder auch in Fassungsringen untergebracht werden, wie dies im Bild 1 dargestellt ist.

Damit die Bohrungen für die Druckentnahmen mit der Rohrwand bündig sind, muss der Abstand zwischen den Mittellinien der einzelnen Druckentnahmen auf der Einlaufseite und der Stirnseite A gleich der Hälfte des Durchmessers oder gleich der Hälfte der Breite der Druckentnahmen selbst sein. Die Mittellinien der einzelnen Druckentnahmen auf der Einlaufseite müssen die Mittellinie des Primärgeräts so genau wie möglich unter einem Winkel von 90° schneiden.

Nachfolgend sind der Durchmesser δ_1 einer Einzeldruckentnahme auf der Einlaufseite und die Schlitzweite a angegeben. Der Mindestdurchmesser wird in der Praxis nur von der Notwendigkeit bestimmt, eine unbeabsichtigte Verstopfung zu verhindern und zufriedenstellende dynamische Leistungseigenschaften zu ermöglichen.

Für Fluide und Dämpfe ohne Verunreinigungen gilt:

— für $\beta \leq 0,65$: $0,005D \leq a$ oder $\delta_1 \leq 0,03D$

— für $\beta > 0,65$: $0,01D \leq a$ oder $\delta_1 \leq 0,02D$.

Für jeden Wert von β gilt:

— für Fluide ohne Verunreinigungen: $1 \text{ mm} \leq a$ oder $\delta_1 \leq 10 \text{ mm}$

— für Dämpfe, im Fall von Ringkammern: $1 \text{ mm} \leq a \leq 10 \text{ mm}$

— für Dämpfe und verflüssigte Gase bei Einzeldruckentnahmen: $4 \text{ mm} \leq \delta_1 \leq 10 \text{ mm}$.

ANMERKUNG Die Anforderungen an die Abmaße als Bruchteil des Rohrdurchmessers basieren auf der geometrischen Ähnlichkeit mit den ursprünglichen Düsenläufen, auf denen der Durchflusskoeffizient basiert. Für Dämpfe und für verflüssigte Gase gibt es Rohrdurchmesser, für die es nicht möglich ist, mit Einzeldruckentnahmen ein System herzustellen, das diesem Dokument entspricht.

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

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. Folgende Bedingung muss außerdem erfüllt sein:

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

Die Länge c des Fassungsringes auf der Einlaufseite (siehe Bild 1) darf nicht größer als $0,5D$ sein.

Die Tiefe f des ringförmigen Schlitzes 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 der Öffnungen, die das Rohrinne mit der Ringkammer verbinden.

Alle Oberflächen des Fassungsringes, die mit dem zu messenden Fluid in Berührung kommen, müssen präzise gefertigt und sauber sein.

Die Bohrungen für die Druckentnahmen, die die Ringkammern mit den Sekundärgeräten verbinden, befinden sich in der Rohrwand, sind am Durchbruch zur Rohrinne kreisrund und weisen einen Durchmesser j von 4 mm bis 10 mm auf.

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

Der Rohrdurchmesser muss nach 6.4.2 gemessen werden, wobei der Fassungsring als Teil des Primärgeräts angesehen wird. Dies gilt auch für die in 6.4.4 angegebene Anforderung für den Abstand, sodass die Länge s von der Anströmkante des rückspringenden Fassungsringes aus zu messen ist.

5.1.5.2 Druckentnahmen auf der Auslaufseite (Minus-Druckentnahmen) dürfen entweder Eck-Druckentnahmen nach 5.1.5.1 sein oder solche nach den Beschreibungen dieses Unterabschnitts.

Der Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Druckentnahme und der Stirnseite der Düse muss betragen:

— $\leq 0,15D$ für $\beta \leq 0,67$;

— $\leq 0,20D$ für $\beta > 0,67$.

Beim Einbau der Druckentnahmen muss der Dicke der Dichtungen und/oder des Dichtungsmaterials entsprechende Bedeutung zugemessen werden.

Die Mittellinie der Druckentnahme muss die Mittellinie der Rohrachse so genau wie möglich unter einem Winkel von 90° schneiden, muss aber in jedem Fall innerhalb 3° zur Senkrechten liegen. Am Durchbruch zur Rohrin-nenseite muss die Bohrung kreisrund sein. Ihre Kante muss mit der Rohrin-nenseite bündig und so scharf wie möglich sein. Um Bohrgrat oder Späne sicher zu entfernen, ist eine Abrundung 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. Die Innenseite der Entnahmebohrung, die Bohrungskante an der Rohrin-nenseite oder die Wand an der Rohrin-nenseite nahe der Druckentnahme dürfen keine Unregelmäßig-keiten aufweisen. Die Beurteilung der Übereinstimmung der Entnahmebohrung mit den Anforderungen dieses Absatzes darf mittels Sichtprüfung erfolgen.

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

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

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

Die Mittellinien der Druckentnahmen dürfen in jeder axialen Ebene der Rohrleitung liegen.

Die Achse der Plus-Druckentnahme und die der Minus-Druckentnahme dürfen in verschiedenen axialen Ebe-nen liegen.

5.1.6 Koeffizienten der ISA-1932-Düse

5.1.6.1 Anwendungsgrenzen

Diese Düsenart darf nur dann wie in diesem Dokument festgelegt verwendet werden, wenn:

- $50 \text{ mm} \leq D \leq 500 \text{ mm}$;
- $0,3 \leq \beta \leq 0,8$;

und wenn Re_D innerhalb folgender Grenzen liegt:

- für $0,30 \leq \beta < 0,44$ $7 \times 10^4 \leq Re_D \leq 10^7$;
- für $0,44 \leq \beta \leq 0,80$ $2 \times 10^4 \leq Re_D \leq 10^7$.

Zusätzlich muss die relative Rohrrauheit den Werten nach Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Obere Grenzwerte der relativen einlaufseitigen Rohrrauheit von ISA-1932-Düsen

β	$\leq 0,35$	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,60	0,70	0,77	0,80
$10^4 Ra/D$	8,0	5,9	4,3	3,4	2,8	2,4	2,1	1,9	1,8	1,4	1,3	1,2	1,2

ANMERKUNG Die meisten Daten, auf denen die Tabelle beruht, wurden wahrscheinlich im Bereich $Re_D \leq 10^6$ gesammelt. Bei höheren Reynolds-Zahlen sind für die Rohrrauheit wahrscheinlich strengere Grenzen erforderlich.

Die meisten Messreihen, auf denen die Durchflusskoeffizienten C dieses Dokuments beruhen, wurden in Roh-ren mit einer relativen Rohrrauheit $Ra/D \leq 1,2 \times 10^{-4}$ durchgeführt. Rohre mit größerer relativer Rohrrau-heit dürfen verwendet werden, wenn die Rauheit mindestens innerhalb einer einlaufseitigen Strecke von 10D innerhalb der in Tabelle 1 gegebenen Grenzen liegt. Zur Bestimmung von Ra siehe ISO 5167-1.