

Erforderliche gerade Rohrstrecken für Blenden, Düsen und Venturidüsen

Mindestwerte für gerade Ein- und Auslaufrohre zwischen der Störung und dem Drosselgerät als Vielfaches von D nach DIN EN ISO 5167.

Die angegebenen Klammerwerte gelten für 0,5 % Zusatzunsicherheit.

Tabelle 1: Erforderliche störungsfreie gerade Rohrstrecken für Blenden, Düsen und Venturidüsen

Werte, angegeben als ein Vielfaches von D

Durchmesser- verhältnis β	Einlaufseite des Drosselgerätes											Auslaufseite des Drossel- gerätes
	Einfacher 90°-Krümmer oder T-Stück (Strömung nur von einer Seite)	Zwei oder mehrere 90°-Krümmer in der gleichen Ebene	Zwei oder mehrere 90°-Krümmer in ver- schiedenen Ebenen	Reduzierstück von 2D zu D über eine Länge von 1,5D bis 3D	Diffusor von 0,5D bis D über eine Länge von D bis 2D	Ventil voll geöffnet	Schieber voll geöffnet	Abrupte symmetrische Durchmesser- Verringerung mit einem Durchmesser- verhältnis $\geq 0,5$	Thermometer- schutzrohr *) mit einem Durchmesser $\leq 0,03D$	Thermometer- schutzrohr *) mit einem Durchmesser zwischen 0,03D und 0,13D	Armaturen (Spalten 2 bis 8)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0,20	10 (6)	14 (7)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)	30 (15)	5 (3)	20 (10)	4 (2)	
0,25	10 (6)	14 (7)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)				4 (2)	
0,30	10 (6)	16 (8)	34 (17)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)				5 (2,5)	
0,35	12 (6)	16 (8)	36 (18)	5	16 (8)	18 (9)	12 (6)				5 (2,5)	
0,40	14 (7)	18 (9)	36 (18)	5	16 (8)	20 (10)	12 (6)				6 (3)	
0,45	14 (7)	18 (9)	38 (19)	5	17 (9)	20 (10)	12 (6)				6 (3)	
0,50	14 (7)	20 (10)	40 (20)	6 (5)	18 (9)	22 (11)	12 (6)				6 (3)	
0,55	16 (8)	22 (11)	44 (22)	8 (5)	20 (10)	24 (12)	14 (7)				6 (3)	
0,60	18 (9)	26 (13)	48 (24)	9 (5)	22 (11)	26 (13)	14 (7)				7 (3,5)	
0,65	22 (11)	32 (16)	54 (27)	11 (6)	25 (13)	28 (14)	16 (8)				7 (3,5)	
0,70	28 (14)	36 (18)	62 (31)	14 (7)	30 (15)	32 (16)	20 (10)	7 (3,5)				
0,75	36 (18)	42 (21)	70 (35)	22 (11)	38 (19)	36 (18)	24 (12)	8 (4)				
0,80	46 (23)	50 (25)	80 (40)	30 (15)	54 (27)	44 (22)	30 (15)	8 (4)				

*) Der Einbau von Thermometer-Schutzrohren ändert nicht die erforderlichen Mindestwerte für die geraden Rohrstrecken der anderen Armaturen.

ANMERKUNG 1: Die Mindestwerte für die geraden Rohrstrecken sind die Längen, die bei verschiedenen Einbaustörungen im Einlauf und Auslauf zwischen der Störung und dem Drosselgerät vorzusehen sind. Alle Längen sind von der Anströmseite des Drosselgerätes aus zu messen.

ANMERKUNG 2: Die Werte ohne Klammern gelten für "0%-Zusatzunsicherheit" (siehe 7.2.3).

ANMERKUNG 3: Die Werte in Klammern gelten für "0,5%-Zusatzunsicherheit" (siehe 7.2.4).

Erforderliche gerade Rohrstrecken für Venturirohre

Nach DIN EN ISO 5167 Tabelle 2 sind die angegebenen Mindesteinlaufängen vermutlich zu kurz. Eigene Versuche (mit einfachen Rohrkrümmern) haben ergeben, dass die Mindesteinlaufängen von 1/3 der in obiger Tabelle angegebenen Werte realistisch sind.

Erforderliche gerade Rohrstrecken für druckmittelnde Durchflussonden

Die Mindesteinlaufängen betragen für Sonden 2/3 der in der obigen Tabelle angegebenen Werte für Durchmesser Verhältnis $\beta = 0,7$.

Durchflussmessung nach dem Wirkdruckverfahren mit Drosselgeräten (nach DIN EN ISO 5167-1/A1/VDI 2041) FT1

Drosselgeräte engen den Querschnitt einer Rohrleitung auf einen errechneten Wert d (h) ein. Die Differenz zwischen den Drücken vor und hinter der Einschnürung - der sogenannte **Wirkdruck** - ist dem Quadrat des Durchflusses verhältnismäßig. Das bedeutet, dass bei 10 % Durchfluss noch 1 % vom Wirkdruck zur Verfügung steht.

Gemäß der **Bernoulli-Gleichung** ist in einer bestimmten Masse eines Fluids (Flüssigkeiten, Gas oder Dampf) eine bestimmte Energiemenge enthalten. Bei der Einschnürung wird die Druckenergie in Geschwindigkeitsenergie umgesetzt. Es erfolgt eine Geschwindigkeitserhöhung. Hinter der Einschnürung wird die Geschwindigkeit wieder auf den Wert vor der Einschnürung reduziert. Bei dieser Umwandlung wird ein Teil der Energie durch Wirbelung in Wärme umgesetzt. Es entsteht der **"Bleibende Druckverlust"**.

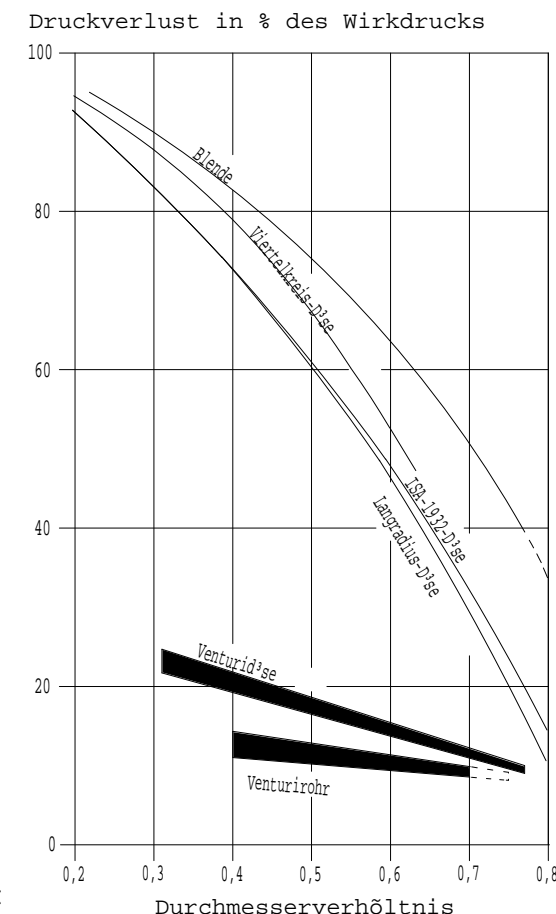
Drosselgeräte sind Messstrecken, Normblenden, Segmentblenden, Normdüsen, Venturidüsen und Venturirohre. Die **Drosselgeräte** sind robust und das Verfahren ist bei eindeutiger Phase - flüssig, dampf- oder gasförmig (keine Feststoffanteile) - für weite Temperatur- und Druckbereiche anwendbar.

Es gibt Drosselgeräte zum Einbau zwischen Flansche und zum Einschweißen. Die Flanschverbindung ermöglicht den leichten Austausch. Man wählt sie, wenn keine besonderen Forderungen bezüglich der Temperatur- und Druckbelastbarkeit bestehen. Eingeschweißt werden Drosselgeräte speziell in Kraftwerken auf der Hochdruck- bzw. Heißdampfseite und wenn hohe Forderungen hinsichtlich der Dichtheit zu erfüllen sind.

Bei der **Auswahl der Drosselgeräte** ist der bleibende Druckverlust mitentscheidend. Venturidüsen und Venturirohre haben einen kleineren bleibenden Druckverlust als Düsen und Blenden. Die Energiekosten sind geringer. Wegen der besonderen Herstellung liegen die Preise höher, so dass die Wirtschaftlichkeit von Fall zu Fall überlegt werden muss. Bei verschmutzten Fluiden, Abwässern und staubigen Gasen werden **Segmentblenden** und **Segmentwehmesstrecken** vorwiegend eingesetzt.

Blenden und **Düsen** sind hinsichtlich der Messgenauigkeit annähernd gleichwertig. Venturidüsen und -rohre sowie Staurohre haben eine etwas größere Messunsicherheit. **Viertelkreisdüsen** sind bei viskosen Medien und kleiner Reynoldszahl einzusetzen. **Messstrecken** < DN 50 sind auf einem Prüfstand gemäß DIN 19205 und DIN 19214 zu kalibrieren.

Weitere **Richtlinien** über die Durchflussmessung mit Wirkdruckgebern sind in VDI 2040, VDI 2041, DIN 19216 sowie in DIN EN ISO 5167-1/A1 festgelegt. Zur Berechnung der Drosselgeräte sind einige technische Daten erforderlich, die im Auftragsfall anzugeben sind. Ein Auslegungsdatenblatt (FT2) steht zur Verfügung. Die Berechnung erfolgt mit unserem Rechnerprogramm FlowCal und wird über einen entsprechenden Ausdruck dokumentiert.



Anwendungsbereiche von Drosselgeräten nach DIN EN ISO 5167-1/A1 und VDI 2041

Drosselgerät	D in mm	d in mm	β ($m=\beta^2$)	Re	Druckverlust
Blende mit Eckentnahme	$50 \leq D \leq 1000$	$d \geq 12,5$	$0,1 \leq \beta \leq 0,75$	$0,1 \leq \beta \leq 0,5 \Rightarrow Re_D \geq 4000$ $0,5 < \beta < 0,75 \Rightarrow 16000 \times \beta^2$	$0,32 \times \Delta_p$ bis $0,94 \times \Delta_p$
Blende mit Flanschentnahme	$50 \leq D \leq 1000$	$d \geq 12,5$	$0,1 \leq \beta \leq 0,75$	$Re_D \geq 4000$ und $Re_D \geq 170\beta^2 \times D$	$0,41 \times \Delta_p$ bis $0,95 \times \Delta_p$
Blende mit D-D/2 Entnahme	$50 \leq D \leq 1000$	$d \geq 12,5$	$0,1 \leq \beta \leq 0,75$	$0,1 \leq \beta \leq 0,5 \Rightarrow Re_D \geq 4000$ $0,5 \leq \beta \leq 0,75 \Rightarrow 16000 \times \beta^2$	$0,48 \times \Delta_p$ bis $0,95 \times \Delta_p$
Segmentblende mit Eckentnahme	$50 \leq D \leq 500$	-----	$0,1 \leq m \leq 0,5$	$m < 0,2 \Rightarrow 50000 m \leq Re_D \leq 10^6$ $m \geq 0,9 \Rightarrow 10^5(m-0,1) < Re_D \leq 10^6$	$0,50 \times \Delta_p$ bis $0,89 \times \Delta_p$
ISA-1932 Düse mit Eckentnahme	$50 \leq D \leq 500$	-----	$0,3 \leq \beta \leq 0,8$	$\beta < 0,44 \Rightarrow 70000 \leq Re_D \leq 10^7$ $\beta \geq 0,44 \Rightarrow 20000 \leq Re_D \leq 10^7$	$0,17 \times \Delta_p$ bis $0,83 \times \Delta_p$
Langradiusdüse mit Eckentnahme	$50 \leq D \leq 630$	-----	$0,2 \leq \beta \leq 0,8$	$10^4 \leq Re_D \leq 10^7$	$0,10 \times \Delta_p$ bis $0,92 \times \Delta_p$
Viertelkreisdüse mit Eckentnahme oder Flanschentnahme	$40 \leq D \leq 150$	-----	$0,2 \leq \beta \leq 0,6$	$500 \leq Re_D \leq 47500 \beta - 35000$	$0,55 \times \Delta_p$ bis $0,94 \times \Delta_p$
Venturidüse	$65 \leq D \leq 500$	$d \geq 50$	$0,316 \leq \beta \leq 0,775$	$1,5 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$	$0,15 \times \Delta_p$ bis $0,82 \times \Delta_p$
Venturirohr	$50 \leq D \leq 250$	-----	$0,4 \leq \beta \leq 0,75$	$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 10^6$	$0,05 \times \Delta_p$ bis $0,15 \times \Delta_p$
	$200 \leq D \leq 1200$	-----	$0,4 \leq \beta \leq 0,7$	$2 \times 10^5 \leq Re_D \leq 2 \times 10^6$	$0,05 \times \Delta_p$ bis $0,15 \times \Delta_p$

Anwendung von Drosselgeräten außerhalb der DIN EN ISO 5167-1/A1 und VDI 2041

Größerer Rohrdurchmesser und größere Reynoldszahlen

Obwohl für größere Rohrdurchmesser und Reynoldszahlen nur wenige Versuche vorliegen, kann man aber davon ausgehen, dass auf Grund der geometrischen Ähnlichkeit die Durchflusskoeffizienten auch hierfür gelten. Es wird jedoch empfohlen eine Zusatzunsicherheit von 0,5 % linear zu addieren.

Kleinerer Rohrdurchmesser, Drosseldurchmesser und kleinere Reynoldszahlen

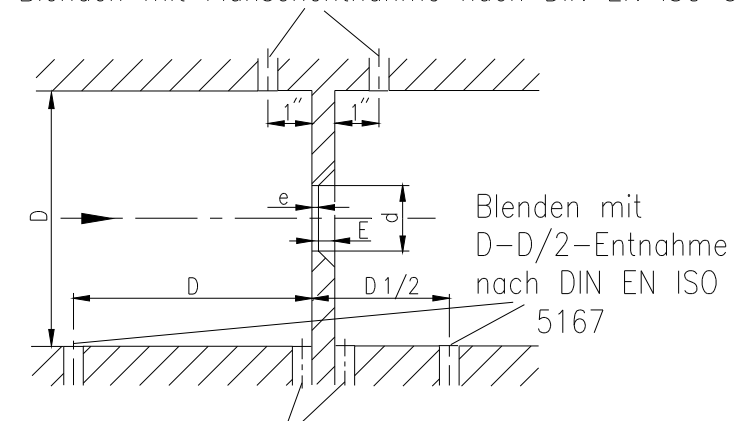
Drosselgeräte, bei denen der Rohrdurchmesser, Drosseldurchmesser oder die Reynoldszahl den vorgegebenen Anwendungsbereich unterschreiten, sind dennoch für Messzwecke geeignet, wenn auf einem Prüfstand der Durchflusskoeffizient ermittelt wurde. Für die Messunsicherheit wird dann die Kalibrierung des Prüfstandes eingesetzt (allgemein nicht größer als nach DIN EN ISO 5167-1/A1/VDI 2041).

Bauformen

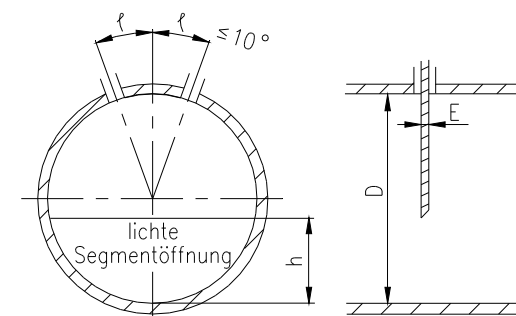
D \triangleq Rohrdurchmesser vor dem Drosselgerät
d \triangleq Drosseldurchmesser
h \triangleq lichte Segmenthöhe
E \triangleq Scheibendicke

e \triangleq zylindrische Blende
R \triangleq Düsenradius
 ℓ \triangleq Entnahmewinkel bzw. Diffusorwinkel
 β \triangleq Durchmesser Verhältnis $\frac{d}{D}$

Blenden mit Flanschentnahme nach DIN EN ISO 5167

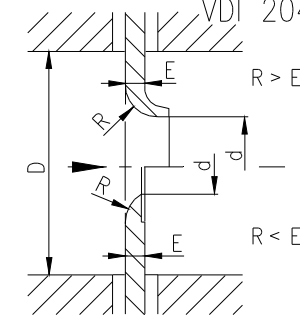


Segmentblende nach VDI 2041

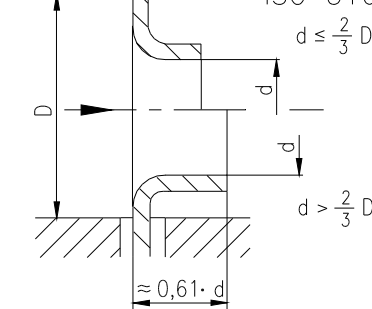


Blenden mit Eckentnahme nach DIN EN ISO 5167

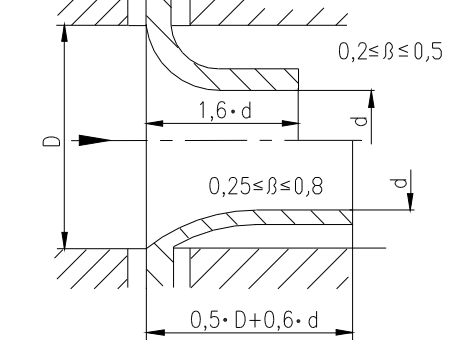
Viertelkreisdüse nach VDI 2041



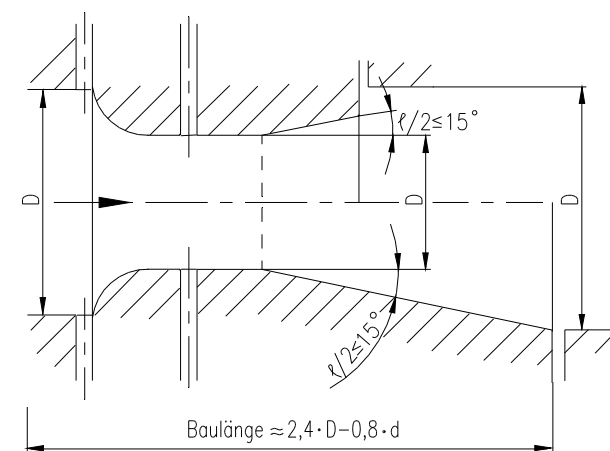
ISA-1932-Düse nach DIN EN ISO 5167



Langradiusdüse nach DIN EN ISO 5167



Venturidüse nach DIN EN ISO 5167



Venturirohr nach DIN EN ISO 5167

