

Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen

Begriffe und Formelzeichen
(ISO 4006 : 1991) Deutsche Fassung EN 24 006 : 1993

DIN
EN 24 006

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm **ISO 4006**

Measurement of fluid flow in closed conduits; Vocabulary and symbols
(ISO 4006 : 1991); German Version EN 24 006 : 1993

Ersatz für
DIN 19 201/01.89

Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées; Vocabulaire et
symboles (ISO 4006 : 1991); Version allemande EN 24 006 : 1993

**Die Europäische Norm EN 24 006 : 1993 hat den Status einer
Deutschen Norm.**

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 4006 : 1991 „Measurement of fluid flow in closed conduits; Vocabulary and symbols“ des Technischen Komitees ISO/TC 30 „Durchflußmessung in geschlossenen Leitungen“ wurde durch den Beschluß der CEN-Mitglieder unverändert als Europäische Norm DIN EN 24 006 : 1993 übernommen. Damit ersetzt DIN EN 24 006 die Norm DIN 19 201, Ausgabe Januar 1989, die sich bereits in wesentlichen Teilen an dem Entwurf ISO/DIS 4006 : 1988 orientiert hatte.

DIN EN 24 006 definiert Begriffe, beschreibt Gerätemerkmale und legt Formelzeichen fest, die ausschließlich für die verschiedenen Verfahren der Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen gültig sind.

Zitierte Normen

Siehe Anhang A

Frühere Ausgaben

DIN 19 201: 07.54, 04.68, 01.89

Änderungen

Gegenüber DIN 19 201/01.89 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Inhalt der ISO 4006 : 1991 übernommen.

Internationale Patentklassifikation

G 01 F 001/56
G 01 F 001/66
G 01 F 001/74
G 01 D 004/00
F 17 D 003/18

Fortsetzung 34 Seiten EN-Norm

Normenausschuß Primäre Meßgeräte und -einrichtungen (NPM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DK 532.57 : 532.542 : 001.4

Deskriptoren: Durchflußmeßtechnik, Durchflußmessung, Begriffe/Definitionen, Kurzzeichen

Deutsche Fassung

Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen
Begriffe und Formelzeichen
(ISO 4006 : 1991)

Measurement of fluid flow in closed conduits — Vocabulary and symbols
(ISO 4006 : 1991)

Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées — Vocabulaire et symboles (ISO 4006 : 1991)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1993-06-18 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 Zentralsekretariat 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 die 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 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	Seite
Einführung	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Formelzeichen	5
3 Indizes	5
4 Allgemeine strömungstechnische Begriffe	5
5 Unsicherheiten	7
6 Allgemeine gerätetechnische Begriffe	10
7 Drosselgeräte	11
8 Durchflußmeßverfahren bei kritischer Strömung	15
9 Netzmessungen in Strömungsquerschnitten	15
10 Indikatorverfahren	17
11 Magnetisch-induktives Durchflußmeßverfahren	17
12 Wägetechniken und volumetrische Verfahren	18
13 Instabilitätsverfahren	22
14 Schwebekörper-Durchflußmeßverfahren	22
15 Ultraschall-Durchflußmeßverfahren	27
16 Andere Verfahren	28
17 Zähler (für Volumenmessung von Fluiden)	30
Anhang A Literaturhinweise	32
Alphabetisches Stichwortverzeichnis	32

Vorwort

1991 wurde die ISO 4006 : 1991 "Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen" dem CEN-Erstfragebogen-Verfahren vorgelegt.

Gemäß Resolution BT C 42/1992 wurde die ISO 4006 : 1991 zur formellen Abstimmung vorgelegt. Das Ergebnis war positiv.

Die Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 1993, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 1993 zurückgezogen werden.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 4006 : 1991 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einführung

Bei der Ausarbeitung dieser Internationalen Norm sind die folgenden zwei Grundsätze so weit wie möglich befolgt worden:

- 1) angemessene Begriffe und Formelzeichen zu normen, ohne unpassende Begriffe aufrechtzuerhalten, nur weil sie in der Vergangenheit benutzt worden sind;
- 2) Begriffe und Formelzeichen zu verwerfen, die in anderen Ländern mit anderer Bedeutung, von anderen Leuten oder sogar von den gleichen Leuten zu verschiedenen Zeiten verwendet werden, um sie durch Begriffe oder Formelzeichen zu ersetzen, die eine unmißverständliche Bedeutung haben.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm definiert die Begriffe im Bereich der Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen und legt die zugehörigen Formelzeichen fest.

Begriffe, die in die folgenden Kategorien gehören, werden nicht behandelt:

- a) selbstverständliche Begriffe;
- b) Begriffe, die nicht für diesen speziellen Bereich gelten, besonders die, die sich auf die Durchflußmessung in offenen Gerinnen beziehen (siehe ISO 772);
- c) Begriffe von sehr speziellen Meßverfahren, die daher nicht Gegenstand der Normung sein können.

2 Formelzeichen

Bezugsnummer	Größe	Formelzeichen ¹⁾	Dimension ²⁾	SI-Einheit
4.10	Querschnittsfläche der Leitung	A	L^2	m^2
10.3	Konzentration des Indikators	C	ML^{-3} ³⁾	kg/m^3
7.17	Durchflußkoeffizient	C	⁴⁾	
8.2	Beiwert der kritischen Strömung	C_*	⁴⁾	
8.3	Beiwert der kritischen Strömung von realem Gas	C_r	⁴⁾	
4.16	Schallgeschwindigkeit	c	LT^{-1}	m/s
4.31	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	c_p	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$	$J/kg \cdot K$
4.31	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen	c_v	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$	$J/kg \cdot K$
7.16	von den Betriebsbedingungen abhängiger Durchmesser	D	L	m
	— des Kreisquerschnitts der Leitung			
	— der Leitung auf der Einlaufseite einer Blende oder Düse			
	— des Einlaufzylinders beim klassischen Venturirohr			
4.9	hydraulischer Durchmesser	D_h	L	m
7.16	Durchmesser der Drosselöffnung oder des Halsteils eines	d	L	m
7.17	Primärgerätes unter Betriebsbedingungen oder der Durchmesser an der Stirnfläche eines Pitotrohres			
7.16	Vorgeschwindigkeitsfaktor	E	⁴⁾	
	relative Meßunsicherheit	E	⁴⁾	
	absolute Meßunsicherheit	e	⁴⁾	
4.17	Frequenz	f	T^{-1}	s^{-1}
	Beschleunigung aufgrund von Gravitation	g	LT^{-2}	m/s^2
4.19	äquivalente Rohrrauheit	k	L	m
4.15	Länge	l	L	m
4.33	molare Masse des Fluids	M	M	kg/mol
5.9	Mittelwert der Grundgesamtheit	m	⁵⁾	
4.16	Machzahl	M_a	⁴⁾	
5.9	Umfang der Grundgesamtheit	N	⁵⁾	
10.4	Verdünnungsverhältnis	N	⁴⁾	
5.5.1	Stichprobenmenge	n	⁴⁾	
4.11.1	absoluter statischer Druck des Fluids	p	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
4.20	Wirkdruck	Δp	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
4.1.1	Massendurchfluß	$q_m(q)$	MT^{-1}	kg/s
4.1.2	Volumendurchfluß	$q_v(Q)$	L^3T^{-1}	m^3/s
4.33	molare Gaskonstante	R	$ML^2T^{-2}\theta^{-1}$	$J/(mol \cdot K)$
	Radius	R	L	m
5.2	Prüfungsergebnis	R	⁴⁾	
4.18	arithmetischer Mittenrauhwert	R_a	L	m
4.9	hydraulischer Radius	R_h	L	m
4.15	Reynoldszahl		⁴⁾	
	— bezogen auf D	Re_D		
	— bezogen auf d	Re_d		

1) Die Formelzeichen in Klammern sind die nicht bevorzugt zu verwendenden Zeichen.

2) M = Masse, L = Länge, T = Zeit, θ = Temperatur

3) Statt einer Konzentration dürfen auch Gehaltsangaben in Form von Größen der Dimension 1 gemacht werden.

4) Größe der Dimension 1

5) Die Dimension dieses Parameters ist die Dimension der Größe, auf die er sich bezieht.

(fortgesetzt)

abgeschlossen

Bezugs- nummer	Größe	Formel- zeichen ¹⁾	Dimension ²⁾	SI-Einheit
4.17	Strouhalzahl	Sr	⁴⁾	
5.9	empirische Standardabweichung	s	⁵⁾	
5.22	Schätzwert der Standardabweichung	s_R	⁵⁾	
	absolute Temperatur des Fluids	T	Θ	K
5.25	Student- t -Verteilung	t	⁴⁾	
5.26	Meßunsicherheit	U	⁴⁾	
4.7	mittlere axiale Geschwindigkeit des Fluids	U	LT^{-1}	m/s
5.26.1	zufällige Komponente der Meßunsicherheit	U_t	⁴⁾	
5.26.2	systematische Komponente der Meßunsicherheit	U_s	⁴⁾	
Bild 2	obere und untere Grenze eines nichtsymmetrischen Unsicherheitsbereichs	U^+, U^-	⁴⁾	
4.21	Schubspannungsgeschwindigkeit	u^*	LT^{-1}	m/s
4.17	örtliche Geschwindigkeit des Fluids	v	LT^{-1}	m/s
4.8	Geschwindigkeitsverhältnis [relativ]	v^*	⁴⁾	
	Komponente der örtlichen Geschwindigkeit parallel zur Rohrachse	v_x	LT^{-1}	m/s
5.11	Bewertungskoeffizient	w_i	⁴⁾	
7.15	akustisches Verhältnis	X	⁴⁾	
7.13	Wirkdruckverhältnis	x	⁴⁾	
5.1	arithmetischer Mittelwert (der Variablen x)	$\bar{x}$	⁴⁾	
5.11.1	gewichteter arithmetischer Mittelwert	$\bar{x}_w$	⁴⁾	
9.1	Asymmetriezahl	Y	⁴⁾	
	Abstand von einem Meßpunkt zur Wand	y	L	m
	Abstand der Dimension 1 von einem Meßpunkt zur Wand	y^*	⁴⁾	
4.33	Realgasfaktor	Z	⁴⁾	
7.18	Durchflußzahl	α	⁴⁾	
4.10	Koeffizient der kinetischen Energie	α	⁴⁾	
7.4	Durchmesser Verhältnis	β	⁴⁾	
4.31	Adiabatenkoeffizient	γ	⁴⁾	
7.19	Expansionszahl	ε	⁴⁾	
	Temperatur des Fluids in Grad Celsius	θ	Θ	°C
4.6	Winkel zwischen dem Vektor der örtlichen Geschwindigkeit und der Achse der Leitung	θ		rad
5.2	Koeffizient für die Empfindlichkeit	θ_x	⁴⁾	
4.32	Isentropenexponent	K	⁴⁾	
4.20	Rohrwiderstandszahl	λ	⁴⁾	
	dynamische Viskosität des Fluids	(μ oder η)	$ML^{-1}T^{-1}$	Pa · s
4.15	kinematische Viskosität des Fluids	ν	L^2T^{-1}	m ² /s
5.7	Anzahl der Freiheitsgrade	ν	⁴⁾	
4.32	Dichte des Fluids	ρ	ML^{-3}	kg/m ³
7.14	Druckverhältnis	τ	²⁾	
4.21	Wandschubspannung	τ_o	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
	Strömungswinkel	φ		rad
	Winkel zwischen dem Vektor der örtlichen Geschwindigkeit und der Achse des Meßgerätes	φ		rad

¹⁾ Die Formelzeichen in Klammern sind die nicht bevorzugt zu verwendenden Zeichen.

²⁾ M = Masse, L = Länge, T = Zeit, Θ = Temperatur

³⁾ Statt einer Konzentration dürfen auch Gehaltsangaben in Form von Größen der Dimension 1 gemacht werden.

⁴⁾ Größe der Dimension 1

⁵⁾ Die Dimension dieses Parameters ist die Dimension der Größe, auf die er sich bezieht.

3 Indizes

Bedeutung	Formelzeichen
stromaufwärts, Einlaufseite	1
stromabwärts, Auslaufseite	2
effektiv	e
maximal	max
minimal	min
nominal	n
verbleibend	R
zufällig	r
bei konstanter Entropie	S
systematisch	s
Umwandlung	t

4 Allgemeine strömungstechnische Begriffe

4.1 Durchfluß

Quotient aus der durchgeflossenen Menge eines Fluids durch den Querschnitt einer Leitung und der Zeit, die das Fluid dazu benötigt.

4.1.1 Massendurchfluß q_m

Durchfluß, bei dem die betrachtete Menge die Masse ist.

4.1.2 Volumendurchfluß q_v

Durchfluß, bei dem die betrachtete Menge das Volumen ist.

4.2 Mittlerer Durchfluß

Zeitlicher Mittelwert des Durchflusses.

4.3 Geschwindigkeitsprofil

Verlauf der Beträge der axialen Geschwindigkeitskomponenten des Durchflusses über einen Querschnitt der Rohrleitung.

4.3.1 Voll ausgebildetes Geschwindigkeitsprofil

Geschwindigkeitsprofil, das sich zwischen zwei beliebigen Querschnitten einer Rohrleitung nicht unterscheidet. Es wird im allgemeinen am Ende einer ausreichend langen geraden Strecke einer Leitung gewonnen.

4.3.2 Gleichmäßiges Geschwindigkeitsprofil

Geschwindigkeitsprofil, das sich für eine genaue Messung des Durchflusses einem voll ausgebildeten Geschwindigkeitsprofil ausreichend annähert.

4.4 Strömungsprofil

Graphische Darstellung des Geschwindigkeitsprofils.

4.5 Drallströmung

Strömung mit axialen und tangentialen Geschwindigkeitskomponenten.

4.6 Strömungswinkel θ

Winkel zwischen dem örtlichen Geschwindigkeitsvektor an einem bestimmten Punkt des Querschnitts und der Leitungsachse.

Der Strömungswinkel verändert sich innerhalb des Querschnittes.

4.7 Mittlere axiale Geschwindigkeit des Fluids U

Volumendurchfluß (das Integral der axialen örtlichen Geschwindigkeitskomponenten des Durchflusses über einen Querschnitt der Leitung) dividiert durch die Querschnittsfläche der Leitung.

4.8 Geschwindigkeitsverhältnis [relativ] v^*

Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit an einem vorgegebenen Punkt zu einer zur gleichen Zeit gemessenen Referenzgeschwindigkeit, die die Geschwindigkeit an einem bestimmten Punkt (z. B. die Geschwindigkeit in der Mittelachse) oder die mittlere axiale Geschwindigkeit des Fluids sein kann.

4.9 Hydraulischer Durchmesser D_h

Viermal der Quotient aus durchströmter Querschnittsfläche und benetztem Umfang.

ANMERKUNG 1: Bei voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt ist der hydraulische Durchmesser gleich dem inneren Durchmesser der Leitung.

ANMERKUNG 2: Hydraulischer Radius R_h wird ebenfalls benutzt. Er ist gleich dem Quotienten aus durchströmter Querschnittsfläche und dem benetzten Umfang ($D_h = 4R_h$).

4.10 Koeffizient der kinetischen Energie α

Der Koeffizient ist definiert durch die Gleichung

$$\alpha = \frac{1}{A} \iint_A \left(\frac{v}{U} \right)^3 dA$$

Hierin bedeuten:

dA ein Element der Querschnittsfläche,

A die Querschnittsfläche der Strömung

(in den meisten Anwendungsfällen variiert α zwischen 1 und ungefähr 1,2).

4.11 Statischer Druck

Druck, der auf ein in der Strömung mit deren Geschwindigkeit mitgeführtes Teilchen wirkt.

4.11.1 Absoluter statischer Druck p

Statischer Druck eines Fluids, bezogen auf das absolute Vakuum.

4.11.2 Statischer Überdruck

Differenz zwischen dem absoluten statischen Druck eines Fluids und dem atmosphärischen Druck am Ort und zum Zeitpunkt der Messung.

4.12 Staudruck

4.12.1 Staudruck eines Fluidteiles

Für einen dünnen Strahl eines Fluids die Druckerhöhung über den statischen Druck hinaus, die aus der völligen isentropischen Umwandlung der kinetischen Energie des Fluids in Druckenergie entstehen würde. Diese ist gleich $\frac{1}{2} \rho v^2$, wenn das Fluid inkompressibel ist.

4.12.2 Mittlerer Staudruck im Querschnitt

Das Verhältnis der Leistung des durch den Querschnitt strömenden Fluids in Form von kinetischer Energie zum Volumendurchfluß. Wenn das Fluid inkompressibel ist, kann es als $\alpha \cdot \frac{1}{2} \rho U^2$ angegeben werden.

4.13 Gesamtüberdruck

Statischer Überdruck plus Staudruck.

ANMERKUNG: Bei einem Fluid im Ruhezustand haben der statische Überdruck und der Gesamtüberdruck den gleichen numerischen Wert.

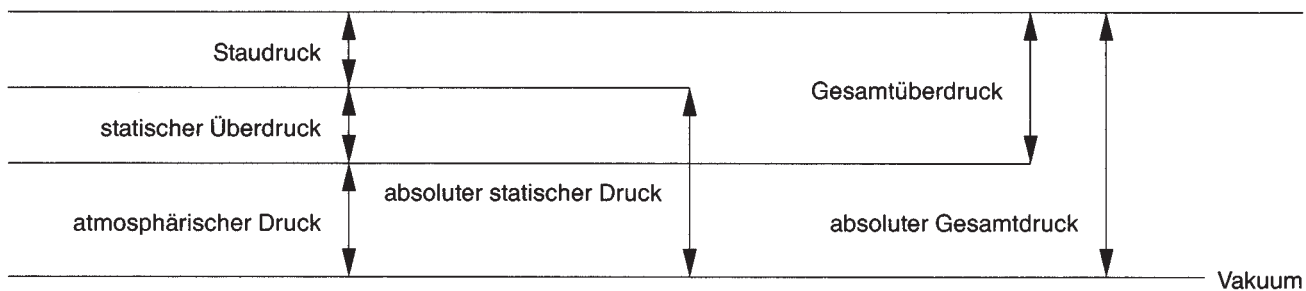


Bild 1: Diagramm, das die auf den Druck bezogenen Begriffe darstellt

4.14 Absoluter Gesamtdruck

Der absolute Gesamtdruck charakterisiert den Energiezustand eines Fluids nach der völligen Umwandlung seiner Strömungsenergie in Druckenergie und entspricht der Summe aus absolutem statischen Druck und Staudruck.

ANMERKUNG: Bei einem Fluid im Ruhezustand haben der absolute statische Druck und der absolute Gesamtdruck den gleichen numerischen Wert.

4.15 Reynoldszahl Re

Kenngroße der Dimension 1, die das Verhältnis zwischen Trägheits- und Viskositätskräften ausdrückt, gegeben durch die Gleichung

$$Re = \frac{Ul}{\nu}$$

Hierin bedeuten:

- U die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Fluids in einem definierten Querschnitt,
- l eine charakteristische Größe für die Maße des Systems, in welchem das Fluid strömt,
- ν die kinematische Viskosität des Fluids.

ANMERKUNG: Beim Bestimmen der Reynoldszahl sollte die charakteristische Abmessung l angegeben werden, auf der sie basiert (z.B. Durchmesser der Leitung, der Drosselgeräteeöffnung, des Staurohrs usw.).

4.16 Machzahl Ma

Verhältnis der mittleren Strömungsgeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit in dem Fluid bei den betrachteten Werten von Druck und Temperatur, gegeben durch die Gleichung:

$$Ma = \frac{U}{c}$$

4.17 Strouhalzahl Sr

Kenngroße der Dimension 1, die das Produkt aus Wirbelablösefrequenz f und einer charakteristischen Länge l eines die Wirbel hervorruhenden Körpers zur Geschwindigkeit v des Fluids ins Verhältnis setzt, gegeben durch die Gleichung

$$Sr = \frac{fl}{v}$$

4.18 Arithmetischer Mittenrauhwert R_a

Arithmetischer Mittelwert der absoluten Beträge der Abstände des Rauheitsprofils von der mittleren Linie innerhalb der Rauheitsmeßstrecke. Er hat die Dimension der Länge.

4.19 Äquivalente Rohrrauheit k

Durchmesser von Kugeln, die flächendeckend auf die Innenwand einer Leitung aufgebracht sind und den gleichen Druckverlust je Längeneinheit wie die zu vergleichende raue Leitung gleichen Durchmessers ergeben.

4.20 Rohrwiderstandszahl λ

Verhältnis des Druckverlustes einer Strömung in einer Leitung, deren Länge gleich dem hydraulischen Durchmesser ist, zum aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit errechneten dynamischen Druck; gegeben durch die Gleichung:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{D_h} \times \frac{1}{2} \rho U^2$$

4.21 Schubspannungsgeschwindigkeit u^*

Quadratwurzel aus dem Quotienten aus der Schubspannung an der Wand der Leitung und der Dichte des strömenden Fluids:

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} = U \sqrt{\frac{\lambda}{8}}$$

4.22 Stationäre Strömung

Strömung, in der Parameter wie Geschwindigkeit, Druck, Dichte und Temperatur sich zeitlich so wenig ändern, daß die geforderte Meßgenauigkeit nicht beeinträchtigt wird.

ANMERKUNG: Bei in der Praxis beobachteten Strömungen in Leitungen schwanken diese Parameter um zeitlich konstante Mittelwerte. Solche Strömungen sind quasistationär.

4.23 Pulsierende Strömung mit konstantem Durchflußmittelwert

Strömung, bei der der Durchfluß im Meßquerschnitt eine Funktion der Zeit ist, aber, gemessen über einen ausreichenden Zeitraum, einen konstanten Mittelwert hat.

ANMERKUNG: Es werden zwei Arten von pulsierenden Strömungen unterschieden:

- periodisch pulsierende Strömung,
- regellos pulsierende Strömung.

4.24 Instationäre Strömung

Strömung, die laminar oder turbulent sein kann, in der Parameter wie Geschwindigkeit, Druck, Dichte und Temperatur zeitlich schwanken.

ANMERKUNG: Das betrachtete Zeitintervall soll so lang sein, daß die Zufallskomponente der turbulenten Strömung von dieser Definition ausgeschlossen ist.

4.25 Laminare Strömung

Strömung unter Bedingungen, bei denen die Viskositätskräfte im Vergleich zu den Trägheitskräften vorherrschen.

ANMERKUNG: Eine laminare Strömung kann instationär sein, ist aber frei von Turbulenzen. Eine stationäre laminare Strömung in einer kreisförmigen Leitung ist z. B. die Poiseuille-Strömung.

4.26 Turbulente Strömung

Strömung unter Bedingungen, bei denen die Trägheitskräfte im Vergleich zu den Viskositätskräften vorherrschen.

ANMERKUNG: Eine turbulente Strömung ist eine Strömung, in der unregelmäßige (zufällige) zeitliche und örtliche Schwankungen der Geschwindigkeit die mittlere Strömung überlagern.

4.27 Vollständig ausgebildete turbulente Strömung

Strömung in einer Leitung, die dadurch gekennzeichnet ist, daß für eine gegebene Rohrrauheit die Rohrwiderstandszahl λ von der Reynoldszahl Re unabhängig ist.

4.28 Strömung im Übergangsbereich

Strömung zwischen laminarer und turbulenter Strömung.

ANMERKUNG: Die Reynoldszahl für die Strömung im Übergangsbereich bei einer newtonschen Flüssigkeit, bezogen auf den Leitungsdurchmesser, liegt zwischen einer unteren Grenze etwa 2000 und einer oberen Grenze, die entsprechend der Leitungsrauheit und anderen Einflußgrößen zwischen 7000 und 12 000 schwankt.

4.29 Coanda-Effekt

Effekt, der auftritt, wenn ein Fluidstrahl sich an eine naheliegende feste Oberfläche anlegt.

4.30 Doppler-Effekt

Scheinbare Veränderung in der Frequenz einer Strahlung aufgrund einer Relativbewegung zwischen einer Primär- oder Sekundärquelle und dem Beobachter.

4.31 Adiabatenkoeffizient γ

Das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Druck zur spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Volumen:

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

Das Verhältnis ist im allgemeinen von der Temperatur und dem Druck des Gases abhängig.

4.32 Isentropenexponent κ

Verhältnis der relativen Druckschwankungen zu entsprechenden relativen Schwankungen der Dichte unter elementaren, umkehrbar adiabatischen (isentropischen) Umwandlungsbedingungen:

$$\kappa = \frac{\rho}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s$$

Bei idealem Gas ist der Isentropenexponent gleich dem Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten; dieses wird im betrachteten Integrationsintervall als konstant angesehen.

ANMERKUNG: Index S steht für konstante Entropie.

4.33 Realgasfaktor Z

Korrekturfaktor, der die Abweichung eines Gases vom idealen Gasgesetz bei bestimmtem Druck und bestimmter Temperatur ausdrückt. Er wird definiert durch die Gleichung:

$$Z = \frac{pM}{\rho RT}$$

mit R als molare Gaskonstante gleich 8,314 J/(mol · K).

5 Unsicherheiten

Die in diesem Abschnitt angegebenen Definitionen beziehen sich auf entsprechende Normen der Statistik und werden gelegentlich mit Blick auf die praktische Umsetzung nicht ganz im genauen Wortlaut der statistischen Definitionen angegeben. In keinem Fall führen die angegebenen Definitionen zu Fehlern in den angewandten Gleichungen. Weitere Einzelheiten hierzu sind der ISO 3534 und dem "Internationalen Wörterbuch der Metrologie" (BIPM/IEC/ISO/OIML) zu entnehmen.

5.1 Arithmetischer Mittelwert $\bar{x}$

Das arithmetische Mittel von n -Messungen der unabhängigen Variablen x . Der arithmetische Mittelwert $\bar{x}$ wird mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

5.2 Empfindlichkeit θ_x

Änderung der Ausgangsgröße R , dividiert durch die Änderung der Eingangsgröße x :

$$\theta_x = \frac{\Delta R}{\Delta x},$$

mit Relativwerten wird daraus

$$\theta'_x = \frac{\Delta R}{R} \bigg/ \frac{\Delta x}{x}$$

5.3 Häufigkeitsverteilung

Beziehung zwischen den gemessenen Werten einer Variablen und der Häufigkeit, mit der diese Werte auftreten.

5.4 Grundgesamtheit

Die Gesamtheit der betrachteten Einheiten.

5.5 Stichprobe

Eine oder mehrere Einheiten, die aus der Grundgesamtheit mit dem Ziel entnommen sind, um Informationen über die Grundgesamtheit zu erlangen und die möglicherweise als Grundlage für eine Entscheidung dienen, die die Grundgesamtheit oder den Arbeitsgang, mit dem sie hergestellt worden sind, betreffen.

5.5.1 Stichprobenumfang n

Die Anzahl der Einheiten, die die Stichprobe enthalten soll.

5.6 Wahrer Wert

Der Größenwert einer unter den bei der Beobachtung herrschenden Bedingungen vollständig definierten Größe. Der wahre Wert ist ein ideeller Begriff, der nur dann realisiert werden könnte, wenn alle Ursachen für eine Meßabweichung eliminiert wären.

5.7 Anzahl der Freiheitsgrade ν

Im allgemeinen die Anzahl der Beobachtungen minus der Anzahl der Parameter.

ANMERKUNG: Z.B. werden der Standardabweichung $(n - 1)$ Freiheitsgrade zugesprochen, weil es für die Abschätzung des Mittelwertes notwendig ist, einen Freiheitsgrad zu benutzen.

5.8 Abweichung

Meßergebnis minus wahrer Wert oder Bezugswert der Meßgröße.

ANMERKUNG: Besonders in der Statistik ist der Bezugswert häufig der arithmetische Mittelwert einer Meßreihe.

5.9 Empirische Standardabweichung s

Der Parameter s , der für eine Reihe von n -Messungen derselben Meßgröße die Streuung der Ergebnisse charakterisiert anhand der Beziehung

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Hierin bedeuten:

x_i das Ergebnis der i -ten Messung und

$\bar{x}$ der arithmetische Mittelwert der n Ergebnisse.

ANMERKUNG 1: Die empirische Standardabweichung darf nicht verwechselt werden mit der Standardabweichung σ der endlichen Grundgesamtheit des Umfanges N mit dem Mittelwert m nach der Beziehung:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - m)^2}{N}}$$

ANMERKUNG 2: Betrachtet man die Reihe von n Messungen als eine Stichprobe aus einer Grundgesamtheit, dann ist s ein Schätzwert für die Standardabweichung der Grundgesamtheit.

5.9.1 Empirische Standardabweichung des Mittelwertes $s(\bar{x})$

Schätzwert für die Standardabweichung des arithmetischen Mittels $\bar{x}$ vom Erwartungswert m der Grundgesamtheit. Er wird angegeben durch die Gleichung:

$$s(\bar{x}) = \frac{s(\bar{x})}{\sqrt{n}}$$

5.9.2 Vergleichsstandardabweichung s_R

Siehe Abschnitt 5.22, Schätzwert der Standardabweichung.

5.10 Empirische Varianz s^2

Ein Maß der Streubreite oder Streuung einer Verteilung. Sie wird geschätzt durch die Berechnung der Summe der Quadrate der Abweichungen der Meßwerte vom Mittelwert geteilt durch die Anzahl der Freiheitsgrade:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

5.10.1 Vergleichsvarianz s_R^2

Das Quadrat der Vergleichsstandardabweichung.

5.11 Bewertungszahl für die Messung w_i

Eine Zahl, die den Vertrauensgrad in das Ergebnis der Messung einer bestimmten Größe im Vergleich mit dem Ergebnis einer anderen Messung der gleichen Größe ausdrückt.

5.11.1 Gewichteter arithmetischer Mittelwert $\bar{x}_w$

Die Summe der Produkte jedes Wertes und seiner Bewertungszahl (die positiv oder Null sein kann), dividiert durch die Summe der Bewertungszahlen. Es wird angegeben durch die Gleichung:

$$\bar{x}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

5.12 Kalibrieren

Die Tätigkeiten, die unter vorgegebenen Bedingungen die gegenseitige Zuordnung zwischen den ausgegebenen Werten eines Meßgerätes einerseits und den zugehörigen bekannten Werten eines für die zu messenden Durchflüsse geeigneten Normals andererseits bestimmen.

5.12.1 Kalibrierhierarchie

5.12.1.1 Rückverfolgbarkeit: Eigenschaft eines Meßergebnisses, durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen auf geeignete Normale, im allgemeinen internationale oder nationale Normale, bezogen zu sein.

5.13 Normalverteilung; Laplace-Gauß-Profil

Wahrscheinlichkeitsverteilung einer kontinuierlichen Zufallsvariablen x mit der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - m}{\sigma} \right)^2 \right]$$

ANMERKUNG: m ist der arithmetische Mittelwert und σ die Standardabweichung der Normalverteilung.

5.14 Verfahren der kleinsten Quadrate

Methode, die angewandt wird, um die Koeffizienten der Gleichung zu berechnen, wenn eine spezielle Form der Gleichung gewählt wird, um eine Kurve an die Daten anzupassen. Das Prinzip des Verfahrens der kleinsten Quadrate ist es, die Summe der Quadrate der Abweichungen der Daten von der Kurve zu einem Minimum zu machen.

5.15 Regression

Der Vorgang der zahlenmäßigen Erfassung der Abhängigkeit einer Variablen von einer oder mehreren anderen Variablen. Die Regression ist ein Verfahren zur Bestimmung der unbekannten Konstanten eines vorgeschlagenen Modells in der Weise, daß Vorhersagen aufgrund des Modells so dicht wie möglich an den Werten liegen. Oft wird "so dicht wie möglich" so verstanden, daß die Summe der Quadrate der Abweichungen am niedrigsten ist. Viele der erhältlichen Computerprogramme zur Kurvenanpassung führen das Wort "Regression" in ihrem Titel. Für die Ziele dieser Internationalen Norm können Regression und kleinste Quadrate als Synonyme angesehen werden.

5.16 Meßabweichung

Meßergebnis minus (konventioneller) wahrer Wert der Meßgröße.

ANMERKUNG 1: Dieser Begriff bezieht sich gleichermaßen auf

- den Meßwert,
- das unberichtigte Meßergebnis,
- das berichtigte Meßergebnis.

ANMERKUNG 2: Die bekannten Anteile der systematischen Meßabweichung können durch Korrekturen kompensiert werden. Die Meßabweichung des berichtigten Meßergebnisses kann nur durch die Angabe einer Meßunsicherheit beschrieben werden.

ANMERKUNG 3: Die absolute Meßabweichung, die ein Vorzeichen besitzt, sollte nicht mit dem **Absolutwert einer Meßabweichung** verwechselt werden.

5.17 Ausreißer

In einem Datensatz beobachteter Wert, der mit den übrigen Daten nicht zusammenzupassen scheint.

5.18 Grobe Meßabweichungen

Meßabweichungen, die eine Messung unbrauchbar machen. Sie haben im allgemeinen eine einzige Ursache, wie z. B. das unkorrekte Aufzeichnen einer oder mehrerer signifikanter Ziffern oder Gerätestörungen.

5.19 Zufällige Meßabweichung

Komponente der Meßabweichung, die im Verlauf einer Anzahl von Messungen derselben Meßgröße in einer unvorhersehbaren Weise schwankt.

ANMERKUNG: Es ist nicht möglich, die zufällige Meßabweichung durch eine Berichtigung auszuschalten.

5.20 Systematische Meßabweichung

Komponente der Meßabweichung, die im Verlauf einer Anzahl von Messungen derselben Meßgröße konstant bleibt oder sich in einer vorhersehbaren Weise ändert.

ANMERKUNG 1: Systematische Meßabweichungen und ihre Ursachen können bekannt oder unbekannt sein.

ANMERKUNG 2: Der bekannte Teil einer systematischen Meßabweichung soll nicht in der Meßunsicherheit eines Gerätes, welches kalibriert wurde, enthalten sein (er sollte als die systematische Komponente der Meßabweichung vorher abgezogen werden).

5.21 Elementare Meßabweichung

Zufällige oder systematische Meßabweichung, die von einer einzelnen Quelle oder von einem einzelnen Vorgang in einer Kette von Quellen oder Prozessen verursacht wird.

5.22 Schätzwert der Standardabweichung s_R

Messung der Streuung der abhängigen Variablen (Ausgang) um die Linie der kleinsten Quadrate, die durch die Kurvenanpassung oder Regressionsanalyse gewonnen wird. Für eine Kurve, die auf n Datenpunkten basiert und deren Gleichung k Koeffizienten hat, wird die Standardabweichung des geschätzten Teiles wie folgt berechnet:

$$s_R = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y})^2}{n - k}}$$

ANMERKUNG 1: Diese Gleichung entspricht dem Ausdruck für die Standardabweichung, außer, daß der kurvenangepaßte Wert $\hat{y}_i$ den Mittelwert y und k die 1 ersetzt.

ANMERKUNG 2: Die Abweichung s_R wird oft als "Vergleichsstandardabweichung" bezeichnet.

5.23 Vertrauensgrenzen

Die untere und obere Grenze, zwischen denen der wahre Wert mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit und unter der Annahme einer vernachlässigbaren systematischen Meßabweichung vermutet wird.

5.24 Vertrauensniveau

Die Wahrscheinlichkeit, daß der wahre Wert zwischen den festgelegten Vertrauensgrenzen liegt, wobei eine vernachlässigbare systematische Abweichung vorausgesetzt wird. Es wird im allgemeinen als Prozentsatz ausgedrückt, z. B. 95 %.

5.25 Student- t -Verteilung

Die Verteilung der Abweichungen der Mittelwerte der Stichproben vom Erwartungswert der Grundgesamtheit, ausgedrückt im Verhältnis zur Standardabweichung der Stichproben (die Stichproben werden einer Normalverteilung entnommen). Sie wird benutzt, um die Vertrauensgrenzen des Erwartungswertes festzusetzen, insbesondere in den Fällen, wenn das Mittel von kleinen Stichproben geschätzt wurde. Der Wert t wird aus Tabellen gewonnen, in die die Anzahl der Freiheitsgrade und das Vertrauensniveau eingehen:

$$t = \frac{\bar{x} - m}{s/\sqrt{n}}$$

Hierin bedeutet:

m der Mittelwert der Grundgesamtheit.

BEISPIEL:

$$(U_r)_{95} = t_{95}s$$

Hierin bedeuten:

$(U_r)_{95}$ die Zufallsunsicherheit bei einem Vertrauensniveau von 95 %,

t_{95} der zugeordnete Wert der Student- t -Verteilung.

5.26 Meßunsicherheit U ()

Schätzwert zur Kennzeichnung eines Wertebereiches, innerhalb dessen der wahre Wert der Meßgröße liegt.

ANMERKUNG 1: Das Formelzeichen e wird manchmal anstelle von U für die Bezeichnung der Meßunsicherheit benutzt.

ANMERKUNG 2: Im allgemeinen enthält die Meßunsicherheit mehrere Komponenten. Einige dieser Komponenten können aufgrund der statistischen Verteilung der Ergebnisse von Meßreihen geschätzt und mittels empirischer Standardabweichung angegeben werden. Abschätzungen für andere Komponenten können ausschließlich auf Erfahrung oder andere Informationen gegründet werden.

5.26.1 Zufällige Komponente der Meßunsicherheit U_r ()

Komponente der Meßunsicherheit aufgrund einer zufälligen Meßabweichung. Ihre Auswirkung auf die Mittelwerte kann durch häufige Messungen verringert werden.

ANMERKUNG: Das Formelzeichen e statt U für die Bezeichnung der Meßunsicherheit wird ebenfalls benutzt.



Documents

Document Sharing Hub