

DIN EN ISO 80000-11

ICS 01.060

Ersatz für
DIN EN ISO 80000-11:2013-08**Größen und Einheiten –
Teil 11: Kenngrößen der Dimension Zahl (ISO 80000-11:2019);
Deutsche Fassung EN ISO 80000-11:2020**

Quantities and units –
Part 11: Characteristic numbers (ISO 80000-11:2019);
German version EN ISO 80000-11:2020

Grandeurs et unités –
Partie 11: Nombres caractéristiques (ISO 80000-11:2019);
Version allemande EN ISO 80000-11:2020

Gesamtumfang 75 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 80000-11:2019 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 12 „Quantities and units“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 80000-11:2020 durch das Technische Komitee CEN/SS F02 „Units and symbols“ übernommen, dessen Sekretariat von CCMC gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-01-09 AA „Physikalische Chemie, Molekularphysik und Physik der Kondensierten Materie“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG).

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

IEC 80000-6	siehe	DIN EN 80000-6
ISO 80000-3	siehe	DIN EN ISO 80000-3
ISO 80000-4	siehe	DIN EN ISO 80000-4
ISO 80000-5	siehe	DIN EN ISO 80000-5
ISO 80000-8	siehe	DIN EN ISO 80000-8
ISO 80000-9	siehe	DIN EN ISO 80000-9
ISO 80000-10	siehe	DIN EN ISO 80000-10
ISO 80000-12	siehe	DIN EN ISO 80000-12

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 80000-11:2013-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Tabelle mit den Größen und Einheiten wurde vereinfacht;
- b) alle Nummern wurden in Bezug auf die Gestaltung der Definitionen überarbeitet und jeder Eintrag wurde um eine formulierte Definition ergänzt;
- c) die Anzahl der Einträge wurde von 25 auf 108 (betrifft alle Abschnitte) erhöht;
- d) Nr. 11-9.2 (Landau-Ginzburg-Zahl) wurde aus ISO 80000-12:2009 (überarbeitet als ISO 80000-12:2019) in dieses Dokument überführt.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 80000-11: 2013-08

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 80000-6, *Größen und Einheiten* — Teil 6: *Elektromagnetismus*

DIN EN ISO 80000-3, *Größen und Einheiten* — Teil 3: *Raum und Zeit*

DIN EN ISO 80000-4, *Größen und Einheiten* — Teil 4: *Mechanik*

DIN EN ISO 80000-5, *Größen und Einheiten* — Teil 5: *Thermodynamik*

DIN EN ISO 80000-8, *Größen und Einheiten* — Teil 8: *Akustik*

DIN EN ISO 80000-9, *Größen und Einheiten* — Teil 9: *Physikalische Chemie und Molekularphysik*

DIN EN ISO 80000-10, *Größen und Einheiten* — Teil 10: *Atom- und Kernphysik*

DIN EN ISO 80000-12, *Größen und Einheiten* — Teil 12: *Physik der kondensierten Materie*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Größen und Einheiten —
Teil 11: Kenngrößen der Dimension Zahl
(ISO 80000-11:2019)

Quantities and units —
Part 11: Characteristic numbers
(ISO 80000-11:2019)

Grandeurs et unités —
Partie 11: Nombres caractéristiques
(ISO 80000-11:2019)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Oktober 2020 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	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Impulsübertragung	6
5 Wärmeübertragung	27
6 Stoffübertragung in einem binären Gemisch	37
7 Materialkonstanten	49
8 Magnetohydrodynamik	54
9 Verschiedenes	64
Literaturhinweise	66
Alphabetisches Verzeichnis	67

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 80000-11:2019 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 12 „Quantities and units“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 80000-11:2020 durch das Technische Komitee CEN/SS F02 „Units and symbols“ übernommen, dessen Sekretariat von CCMC gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2021 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 80000-11:2013.

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 80000-11:2019 wurde von CEN als EN ISO 80000-11:2020 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 12, *Quantities and units*, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee IEC/TC 25, *Quantities and units*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 80000-11:2008), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- die Tabelle mit den Größen und Einheiten wurde vereinfacht;
- alle Nummern wurden in Bezug auf die Gestaltung der Definitionen überarbeitet und jeder Eintrag wurde um eine formulierte Definition ergänzt;
- die Anzahl der Einträge wurde von 25 auf 108 (betrifft alle Abschnitte) erhöht;
- Nr. 11-9.2 (Landau-Ginzburg-Zahl) wurde aus ISO 80000-12:2009 (überarbeitet als ISO 80000-12:2019) in dieses Dokument überführt.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihen ISO 80000 und IEC 80000 ist auf der ISO- bzw. der IEC-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

Kenngößen der Dimension Zahl sind physikalische Größen der Einheit Eins, obwohl sie häufig fehlerhaft als „dimensionslose“ Größen bezeichnet werden. Sie werden bei der Untersuchung von Naturvorgängen und technischen Prozessen verwendet und legen Informationen über das Prozessverhalten dar oder enthüllen Ähnlichkeiten zwischen verschiedenen Prozessen (bzw. können dies tun).

Kenngößen der Dimension Zahl werden oft als Kräfteverhältnisse im Gleichgewicht beschrieben, in einigen Fällen sind sie jedoch Verhältnisse von Energie oder Arbeit, auch wenn sie in der Literatur als Kräfte verzeichnet werden; manchmal sind sie das Verhältnis von charakteristischen Zeiten.

Kenngößen der Dimension Zahl können durch dieselbe Gleichung definiert werden, doch unterschiedliche Bezeichnungen haben, falls sie sich auf unterschiedliche Arten von Prozessen beziehen.

Kenngößen der Dimension Zahl können als Produkte oder Bruchteile anderer Kenngößen der Dimension Zahl ausgedrückt werden, falls diese für die gleiche Art von Prozess gültig sind. Daher sind die Abschnitte in diesem Dokument nach einigen Gruppen von Prozessen angeordnet.

Da es eine gewaltige Menge von Kenngößen der Dimension Zahl gibt und ihre Verwendung in Technologie und Wissenschaft nicht einheitlich ist, wird in diesem Dokument nur eine kleine Menge angeführt, wobei ihre Aufnahme von ihrer allgemeinen Verwendung abhängig ist. Ferner wurden die Prozessarten eingeschränkt, die durch die jeweiligen Abschnittsüberschriften angegeben werden. Dennoch findet man mehrere Kenngößen der Dimension Zahl in unterschiedlichen Darstellungen der gleichen physikalischen Daten, z. B. multipliziert mit einem numerischen Faktor, oder angegeben als Quadratzahl, Quadratwurzel oder Kehrwert einer anderen Darstellung. Es wurde nur jeweils eine Darstellung aufgenommen, die anderen wurden für abgelehnt erklärt oder werden in der Spalte „Bemerkungen“ erwähnt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält Benennungen, Formelzeichen und Definitionen für Kenngrößen der Dimension Zahl, die zur Beschreibung von Transport- und Übertragungsphänomenen verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Benennungen, Formelzeichen und Definitionen von Kenngrößen der Dimension Zahl sind in Abschnitt 4 bis Abschnitt 9 enthalten.

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 <http://www.electropedia.org/>

4 Impulsübertragung

Tabelle 1 enthält die Benennungen, Formelzeichen und Definitionen von Kenngrößen der Dimension Zahl, die zur Charakterisierung von Prozessen verwendet werden, bei denen Impulsübertragung eine herausragende Rolle spielt. Die Impulsübertragung (ISO 80000-4) erfolgt grundsätzlich während des Zusammenstoßes von zwei Körpern und es gilt dabei der Impulserhaltungssatz. Es kann ein Energieverlust auftreten. Entsprechend einer verallgemeinerten Definition kommt es zu einer Impulsübertragung während der Interaktion von zwei Teilsystemen, die sich relativ zueinander mit einer Geschwindigkeit v bewegen. Üblicherweise ist eines der Teilsysteme ein (ggf. zusätzlich starrer) Festkörper mit einer charakteristischen Länge, die die Länge, die Breite, der Radius usw. des Festkörpers sein kann; häufig ist die effektive Länge durch das Verhältnis des Volumens des Körpers zu seiner Oberfläche gegeben.

Das andere Teilsystem ist ein Fluid, im Allgemeinen eine Flüssigkeit oder ein Gas, mit u. a. folgenden Eigenschaften:

- Massendichte ρ (ISO 80000-4);
- dynamische Viskosität η (ISO 80000-4);
- kinematische Viskosität $\nu = \eta/\rho$ (ISO 80000-4); oder
- Druckabfall Δp (ISO 80000-4).

Das Wissenschaftsfeld ist hauptsächlich die Fluiddynamik (Mechanik). Kenngrößen der Dimension Zahl dieser Art lassen den Vergleich von Gegenständen unterschiedlicher Größen zu. Zu einem gewissen Grad können sie auch Schätzungen über die Veränderung von einer laminaren Strömung zu einer turbulenten Strömung liefern.

Tabelle 1 — Kenngrößen der Dimension Zahl für die Impulsübertragung

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.1	Reynolds-Zahl	Re	<p>Quotient aus Trägheitskräften und Zähigkeitskräften in einer Fluidströmung, angegeben durch:</p> $Re = \frac{\rho v l}{\eta} = \frac{v l}{\nu}$ <p>Dabei ist</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4);</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3);</p> <p>l die charakteristische Länge (ISO 80000-3);</p> <p>η die dynamische Viskosität (ISO 80000-4); und</p> <p>ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4).</p>	<p>Der Wert der Reynolds-Zahl liefert eine Schätzung des Strömungszustands: laminare Strömung oder turbulente Strömung.</p> <p>Bei einer Drehbewegung ist die Geschwindigkeit $v = \omega l$; dabei ist l der Abstand von der Drehachse und ω ist die Winkelgeschwindigkeit.</p>
11-4.2	Euler-Zahl	Eu	<p>Verhältnis zwischen Druckabfall in einer Strömung und der kinetischen Energie je Volumen für die Fluidströmungen in einem Rohr, angegeben durch:</p> $Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2}$ <p>Dabei ist</p> <p>Δp der Druckabfall (ISO 80000-4);</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4); und</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3).</p>	<p>Die Euler-Zahl wird zur Kennzeichnung von Strömungsverlusten verwendet.</p> <p>Eine Änderung der Euler-Zahl berücksichtigt die Behälterabmessungen (Rohr):</p> $Eu' = \frac{d}{l} Eu$ <p>Dabei ist</p> <p>d der Innendurchmesser (ISO 80000-3) des Rohrs; und</p> <p>l die Länge (ISO 80000-3).</p>

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.3	Froude-Zahl	Fr	<p>Quotient aus Trägheitskräften und Schwerkäften eines Körpers für Fluidströmungen, angegeben durch:</p> $Fr = \frac{v}{\sqrt{lg}}$ <p>Dabei ist</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) der Strömung;</p> <p>l die charakteristische Länge (ISO 80000-3); und</p> <p>g die Fallbeschleunigung (ISO 80000-3).</p>	<p>Die Froude-Zahl kann durch Berücksichtigung des Auftriebs verändert werden.</p> <p>Manchmal wird fehlerhaft das Quadrat oder der Kehrwert der hier definierten Froude-Zahl verwendet.</p>
11-4.4	Grashof-Zahl	Gr	<p>Quotient aus Auftriebskräften aufgrund von thermischer Ausdehnung, die in einer Änderung der Massendichte führt, und den Zähigkeitskräften für freie Konvektion aufgrund von Temperaturunterschieden, angegeben durch:</p> $Gr = l^3 g \alpha_v \Delta T / \nu^2$ <p>Dabei ist</p> <p>l die charakteristische Länge (ISO 80000-3);</p> <p>g die Fallbeschleunigung (ISO 80000-3);</p> <p>α_v der Volumenausdehnungskoeffizient (ISO 80000-5);</p> <p>ΔT die Differenz der thermodynamischen Temperatur T (ISO 80000-5) zwischen Körperoberfläche und dem weit vom Körper entfernten Fluid; und</p> <p>ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4).</p>	<p>Die Erwärmung kann in der Nähe von heißen senkrechten Wänden, in Rohren oder mittels eines Störkörpers erfolgen.</p> <p>Die charakteristische Länge kann die vertikale Höhe einer Heizplatte, der Durchmesser eines Rohrs oder die effektive Länge eines Körpers sein.</p> <p>Siehe auch Rayleigh-Zahl (Nr. 11-5.3).</p>

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.5	Weber-Zahl	We	<p>Verhältnis zwischen Trägheitskräften und Kapillarkräften aufgrund der Oberflächenspannung an der Grenzfläche zwischen zwei verschiedenen Fluiden, angegeben durch:</p> $We = \rho v^2 l / \gamma$ <p>Dabei ist</p> <ul style="list-style-type: none"> ρ die Massendichte (ISO 80000-4); v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3); l die charakteristische Länge (ISO 80000-3); und γ die Oberflächenspannung (ISO 80000-4). 	<p>Die Fluide können Gase oder Flüssigkeiten sein. Die verschiedenen Fluide sind häufig Tropfen, die sich in einem Gas bewegen oder Blasen in einer Flüssigkeit.</p> <p>Die charakteristische Länge ist gewöhnlich der Durchmesser von Blasen oder Tropfen.</p> <p>Die Quadratwurzel der Weber-Zahl wird als Rayleigh-Zahl bezeichnet.</p> <p>Manchmal wird die Quadratwurzel der hier definierten Weber-Zahl als Weber-Zahl bezeichnet. Diese Definition wird abgelehnt.</p> <p>Grenzflächen bestehen nur zwischen zwei Fluiden, die nicht mischbar sind.</p>
11-4.6	Mach-Zahl	Ma	<p>Quotient aus Strömungsgeschwindigkeit und Schallgeschwindigkeit, angegeben durch</p> $Ma = v / c$ <p>Dabei ist</p> <ul style="list-style-type: none"> v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) des Körpers; und c die Schallgeschwindigkeit (ISO 80000-8) im Fluid. 	<p>Die Mach-Zahl steht für das Verhältnis von Trägheitskräften zu Kompressionskräften.</p> <p>Für ein ideales Gas gilt:</p> $c = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho}} = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} = \sqrt{\gamma \frac{kT}{m}}$ <p>Dabei ist γ das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten (ISO 80000-5).</p>
11-4.7	Knudsen-Zahl	Kn	<p>Quotient aus der freien Weglänge eines Teilchens und der charakteristischen Länge, angegeben durch</p> $Kn = \lambda / l$ <p>Dabei ist</p> <ul style="list-style-type: none"> λ die mittlere freie Weglänge (ISO 80000-9); und l die charakteristische Länge (ISO 80000-3). 	<p>Die Knudsen-Zahl ist ein Maß zur Schätzung, ob sich ein strömendes Gas wie ein Kontinuum verhält.</p> <p>Die charakteristische Länge l kann eine charakteristische Größe mit Bezug zu strömenden Gasen sein, z. B. ein Rohrdurchmesser.</p>

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.8	Strouhal-Zahl (Thomson-Zahl)	Sr , Sh	Verhältnis von einer charakteristischen Frequenz und einer charakteristischen Geschwindigkeit bei einer instationären Strömung mit periodischem Verhalten, angegeben durch $Sr = f l / v$ Dabei ist f die Frequenz (ISO 80000-3) der Wirbelablösung; l die charakteristische Länge (ISO 80000-3); und v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) der Strömung.	Die charakteristische Länge l kann der Durchmesser oder die Länge eines Hindernisses in der Strömung sein, das eine Wirbelablösung verursachen kann.
11-4.9	Widerstandskoeffizient	c_D	Verhältnis der effektiven Widerstandskraft zu den Trägheitskräften für einen Körper, der sich in einem Fluid bewegt, angegeben durch $c_D = \frac{2F_D}{\rho v^2 A}$ Dabei ist F_D die Widerstandskraft (ISO 80000-4) auf dem Körper; ρ die Massendichte (ISO 80000-4) des Fluids; v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) des Körpers; und A die Querschnittsfläche (ISO 80000-3).	Der Widerstandskoeffizient hängt stark von der Form des Körpers ab.

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.10	Bagnold-Zahl	Bg	<p>Quotient aus Widerstandskraft und Schwerkraft für einen Körper, der sich in einem Fluid bewegt, angegeben durch</p> $Bg = \frac{c_D \rho v^2}{lg \rho_b}$ <p>Dabei ist</p> <p>c_D der Widerstandskoeffizient (Nr. 11-4.9) des Körpers;</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4) des Fluids;</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) des Körpers;</p> <p>l die charakteristische Länge (ISO 80000-3);</p> <p>g die Fallbeschleunigung (ISO 80000-3); und</p> <p>ρ_b die Massendichte (ISO 80000-4) des Körpers.</p>	Die charakteristische Länge l ist das Volumen des Körpers geteilt durch seine Querschnittsfläche.
11-4.11	Bagnold-Zahl <Feststoffpartikel>	Ba_2	<p>Quotient aus Widerstandskraft und Zähigkeitskraft in einem Fluid, das Feststoffpartikel transportiert, angegeben durch</p> $Ba_2 = \frac{\rho_s d^2 \dot{\gamma}}{\eta} \sqrt{1/(f_s^{1/2} - 1)}$ <p>Dabei ist</p> <p>ρ_s die Massendichte (ISO 80000-4) der Feststoffpartikel;</p> <p>d der Durchmesser (ISO 80000-3) der Feststoffpartikel;</p> <p>$\dot{\gamma} = v/d$ die Schergeschwindigkeit, die Zeitableitung der Scherverformung (ISO 80000-4);</p> <p>η die dynamische Viskosität (ISO 80000-4) des Fluids; und</p> <p>f_s der Volumenanteil von Feststoffpartikeln.</p>	—

Nr.	Benennung	Formel- zeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.12	Auftriebs- beiwert	c_l oder c_A	<p>Quotient aus der verfügbaren Auftriebskraft eines unter einem bestimmten Winkel angeströmten Flügels und der Trägheitskraft für einen flügel förmigen Körper, der sich in einem Fluid bewegt, angegeben durch</p> $c_l = \frac{2F_l}{\rho v^2 S} = \frac{F_l}{qS}$ <p>Dabei ist</p> <p>F_l die Auftriebskraft (ISO 80000-4) auf dem Flügel;</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4) des Fluids;</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) des Körpers;</p> <p>$S = A \cos \alpha$ die effektive Fläche (ISO 80000-3), dabei ist α der Anströmwinkel und A die Flügelfläche; und</p> <p>$q = \rho v^2 / 2$ der dynamische Druck.</p>	Der Auftriebsbeiwert hängt von der Form des Flügels ab.
11-4.13	Schub- koeffizient	c_t	<p>Quotient aus der effektiven Schubkraft eines Propellers und der Trägheitskraft in einem Fluid, angegeben durch</p> $c_t = F_T / (\rho n^2 d^4)$ <p>Dabei ist</p> <p>F_T die Schubkraft (ISO 80000-4) des Propellers;</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4) des Fluids;</p> <p>n die Drehfrequenz (ISO 80000-3); und</p> <p>d der Spitzendurchmesser (ISO 80000-3) des Propellers.</p>	Der Schubkoeffizient hängt von der Form des Propellers ab.

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.14	Dean-Zahl	Dn	Verhältnis der Fliehkraft zur Trägheitskraft für Fluidströmungen in gekrümmten Rohren, angegeben durch $Dn = \frac{2vr}{\nu} \sqrt{\frac{r}{R}}$ Dabei ist v die (axiale) Geschwindigkeit (ISO 80000-3); r der Radius (ISO 80000-3) des Rohrs; ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4) des Fluids; und R der Krümmungsradius (ISO 80000-3) des Rohrverlaufs.	—
11-4.15	Bejan-Zahl	Be	Quotient aus mechanischer Arbeit und Energieverlust durch Reibung in der Fluidodynamik in einem Rohr, angegeben durch $Be = \frac{\Delta p l^2}{\eta \nu} = \frac{\rho \Delta p l^2}{\eta^2}$ Dabei ist Δp der Druckabfall (ISO 80000-4) entlang des Rohrs; l die charakteristische Länge (ISO 80000-3); η die dynamische Viskosität (ISO 80000-4); ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4); und ρ die Massendichte (ISO 80000-4).	Eine ähnliche Zahl existiert für Wärmeübertragung (Nr. 11-5.9). Die kinematische Viskosität wird auch als „Impulsdiffusivität“ bezeichnet.
11-4.16	Lagrange-Zahl	Lg	Quotient aus mechanischer Arbeit und Energieverlust durch Reibung in der Fluidodynamik in einem Rohr, angegeben durch $Lg = \frac{l \Delta p}{\eta \nu}$ Dabei ist l die Länge (ISO 80000-3) des Rohrs; Δp der Druckabfall (ISO 80000-4) entlang des Rohrs; η die dynamische Viskosität (ISO 80000-4); und ν die Geschwindigkeit (ISO 80000-3).	Die Lagrange-Zahl ist auch gegeben durch $La = Re \cdot Eu$ Dabei ist Re die Reynolds-Zahl (Nr. 11-4.1); und Eu die Euler-Zahl (Nr. 11-4.2).

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.17	Bingham-Zahl Plastizitätszahl	Bm , Bn	<p>Quotient aus Fließspannung und viskoser Beanspruchung in einem dickflüssigen Material für die Strömung von viskoplastischen Materialien in Kanälen, angegeben durch</p> $Bm = \frac{\tau d}{\eta v}$ <p>Dabei ist</p> <p>τ die Scherspannung (ISO 80000-4);</p> <p>d der charakteristische Durchmesser (ISO 80000-3), z. B. die effektive Kanalbreite;</p> <p>η die dynamische Viskosität (ISO 80000-4); und</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3).</p>	—
11-4.18	Hedström-Zahl	He , Hd	<p>Quotient aus Fließspannung und viskoser Beanspruchung eines dickflüssigen Materials an der Fließgrenze eines viskoplastischen Materials in einem Kanal, angegeben durch</p> $He = \frac{\tau_0 d^2 \rho}{\eta^2}$ <p>Dabei ist</p> <p>τ_0 die Scherspannung (ISO 80000-4) an der Fließgrenze;</p> <p>d der charakteristische Durchmesser (ISO 80000-3), z. B. die effektive Kanalbreite;</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4); und</p> <p>η die dynamische Viskosität (ISO 80000-4).</p>	—

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.19	Bodenstein-Zahl	Bd	<p>mathematischer Ausdruck für die Stoffübertragung durch Konvektion in Reaktoren in Bezug auf die Diffusion</p> $Bd = v l / D$ <p>Dabei ist</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3);</p> <p>l die Länge (ISO 80000-3) des Reaktors; und</p> <p>D der Diffusionskoeffizient (ISO 80000-9).</p>	<p>Die Bodenstein-Zahl ist auch gegeben durch</p> $Bd = Pe^* = Re \cdot Sc$ <p>Dabei ist</p> <p>Pe^* die Péclet-Zahl für Stoffübergang (Nr. 11-6.2);</p> <p>Re die Reynolds-Zahl (Nr. 11-4.1); und</p> <p>$Sc = \eta / (\rho D) = \nu / D$ die Schmidt-Zahl (Nr. 11-7.2).</p>
11-4.20	Rossby-Zahl; Kibel-Zahl	Ro	<p>Quotient aus Trägheitskräften und Coriolis-Kräften im Zusammenhang der Stoffübertragung in der Geophysik, angegeben durch</p> $Ro = v / (2l\omega_E \sin \varphi)$ <p>Dabei ist</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) der Bewegung;</p> <p>l die charakteristische Länge (ISO 80000-3), die Skala des Phänomens;</p> <p>ω_E die Winkelgeschwindigkeit (ISO 80000-3) der Erdrotation; und</p> <p>φ der Breitengrad (ISO 80000-3).</p>	<p>Die Rossby-Zahl steht für den Effekt der Erdrotation auf Strömungen in Rohren, Flüssen, Meeresströmungen, Wirbelstürmen usw.</p> <p>Die Größe $\omega_E \sin \varphi$ wird Coriolis-Frequenz genannt.</p>

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.21	Ekman-Zahl	Ek	<p>Quotient aus Zähigkeitskräften und Coriolis-Kräften im Zusammenhang der Stoffübertragung für die Strömung eines rotierenden Fluids, angegeben durch</p> $Ek = \nu / (2 l^2 \omega_E \sin \varphi)$ <p>Dabei ist</p> <p>ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4);</p> <p>l die charakteristische Länge (ISO 80000-3), die Skala des Phänomens;</p> <p>ω_E die Kreisfrequenz (ISO 80000-3) der Erdrotation; und</p> <p>φ der Breitengrad.</p>	<p>In der Plasmaphysik wird die Quadratwurzel dieser Zahl verwendet.</p> <p>Die Ekman-Zahl ist auch gegeben durch</p> $Ek = Ro/Re$ <p>Dabei ist</p> <p>Ro die Rossby-Zahl (Nr. 11-4.20); und</p> <p>Re die Reynolds-Zahl (Nr. 11-4.1).</p>
11-4.22	Elastizitätszahl	El	<p>Verhältnis von Relaxationszeit zu Diffusionszeit in viskoelastischen Strömungen, angegeben durch</p> $El = t_r \nu / r^2$ <p>Dabei ist</p> <p>t_r die Relaxationszeit (ISO 80000-12);</p> <p>ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4); und</p> <p>r der Radius (ISO 80000-3) des Rohrs.</p>	Siehe auch Deborah-Zahl (Nr. 11-7.8).

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.23	Darcy-Reibungsfaktor Moody-Reibungsfaktor	f_D	<p>Beschreibung des Druckverlusts in einem Rohr aufgrund von Reibung in einer laminaren oder turbulenten Strömung eines Fluids in einem Rohr, angegeben durch</p> $f_D = \frac{2\Delta p d}{\rho v^2 l}$ <p>Dabei ist</p> <p>Δp der Druckabfall (ISO 80000-4) aufgrund von Reibung;</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4) des Fluids;</p> <p>v die (durchschnittliche) Geschwindigkeit (ISO 80000-3) des Fluids im Rohr;</p> <p>d der Durchmesser (ISO 80000-3) des Rohrs; und</p> <p>l die Länge (ISO 80000-3) des Rohrs.</p>	—
11-4.24	Fanning-Zahl	f_n oder f	<p>Verhältnis der Scherspannung zum dynamischen Druck in der Strömung von Fluiden in einem Behälter, angegeben durch</p> $f_n = \frac{2\tau}{\rho v^2}$ <p>Dabei ist</p> <p>τ die Scherspannung (ISO 80000-4) an der Wand;</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4) des Fluids; und</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3) des Fluids im Rohr.</p>	<p>Die Fanning-Zahl beschreibt die Strömung von Fluiden in einem Rohr mit Reibung an den Wänden, die durch ihre Scherspannung dargestellt wird.</p> <p>Das Formelzeichen f darf verwendet werden, wenn Widersprüche ausgeschlossen sind.</p>

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.25	Goertler-Zahl Goertler-Parameter	Go	<p>Kennzeichnung der Stabilität von laminarer Grenzschichtströmung bei Stoffübertragung in einer Grenzschicht auf gekrümmten Oberflächen, angegeben durch</p> $Go = \frac{v l_b}{\nu} \sqrt{\left(\frac{l_b}{r_c}\right)}$ <p>Dabei ist</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3);</p> <p>l_b die Dicke (ISO 80000-3) der Grenzschicht;</p> <p>ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4); und</p> <p>r_c der Krümmungsradius (ISO 80000-3).</p>	Die Goertler-Zahl steht für das Verhältnis von Zentrifugalwirkung zu Viskositätswirkung.
11-4.26	Hagen-Zahl	Hg , Ha	<p>Verallgemeinerung der Grashof-Zahl für erzwungene oder freie Konvektion in laminarer Strömung, angegeben durch</p> $Hg = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} \frac{l^3}{\nu^2}$ <p>Dabei ist</p> <p>ρ die Massendichte (ISO 80000-4) des Fluids;</p> <p>$\frac{dp}{dx}$ der Druck-Gradient (ISO 80000-4);</p> <p>l die charakteristische Länge (ISO 80000-3); und</p> <p>ν die kinematische Viskosität (ISO 80000-4).</p>	<p>Bei einer freien thermischen Konvektion mit</p> $\frac{dp}{dx} = \rho g \alpha_v \Delta T$ <p>stimmt die Hagen-Zahl dann mit der Grashof-Zahl (Nr. 11-4.4) überein. Siehe auch Poiseuille-Zahl (Nr. 11-4.28).</p>

Nr.	Benennung	Formelzeichen	Definition	Bemerkungen
11-4.27	Laval-Zahl	La	<p>Quotient aus Geschwindigkeit und (kritischer) Schallgeschwindigkeit am Halsteil einer Düse, angegeben durch</p> $La = v / \sqrt{(R_s T 2 \gamma) / (\gamma + 1)}$ <p>Dabei ist</p> <p>v die Geschwindigkeit (ISO 80000-3);</p> <p>$R_s = \frac{R}{M}$ die spezifische Gaskonstante; dabei ist</p> <p>R die molare Gaskonstante (ISO 80000-9); und</p> <p>M die Molmasse (ISO 80000-9);</p> <p>T die thermodynamische Temperatur (ISO 80000-5); und</p> <p>γ das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten (ISO 80000-5).</p>	Die Laval-Zahl ist ein Sonderfall der Mach-Zahl (Nr. 11-4.6).
11-4.28	Poiseuille-Zahl	Poi	<p>Quotient aus Schubkraft durch Druck und der Zähigkeitskraft für eine Strömung von Fluiden in einem Rohr, angegeben durch</p> $Poi = - \frac{\Delta p d^2}{l \eta v}$ <p>Dabei ist</p> <p>Δp der Druckabfall (ISO 80000-4) entlang des Rohrs;</p> <p>l die Länge (ISO 80000-3) des Rohrs;</p> <p>d der Durchmesser (ISO 80000-3) des Rohrs;</p> <p>η die dynamische Viskosität (ISO 80000-4) des Fluids; und</p> <p>v die charakteristische Geschwindigkeit (ISO 80000-3) des Fluids.</p>	<p>Für die Poiseuille-Zahl für laminare Strömung in einem Rundrohr gilt $Poi = 32$.</p> <p>Siehe auch Hagen-Zahl (Nr. 11-4.26).</p>