

Flansche und ihre Verbindungen
Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen
mit runden Flanschen und Dichtung
Teil 1: Berechnungsmethode
Deutsche Fassung EN 1591-1:2001

DIN
EN 1591-1

ICS 23.040.60

Mit DIN V ENV 1591-2:2001-10
Ersatz für DIN V 2505:1986-01

Flanges and their joints —
Design rules for gasketed circular flange connections —
Part 1: Calculation method;
German version EN 1591-1:2001

Brides et leurs assemblages —
Règles de calcul des assemblages à brides circulaires avec joint —
Partie 1: Méthode de calcul;
Version allemande EN 1591-1:2001

Die Europäische Norm EN 1591-1:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm ist vom Technischen Komitee CEN/TC 74 "Flansche und ihre Verbindungen" (Sekretariat: DIN) unter deutscher Mitwirkung ausgearbeitet worden.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NARD-74 "Flansche und ihre Verbindungen" im Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) verantwortlich.

Anhang A bis Anhang G und Anhang ZA sind informativ.

Hintergrundinformationen zu DIN EN 1591-1 sind im Beiblatt 1 zu DIN EN 1591-1 enthalten.

Änderungen

Gegenüber DIN V 2505:1986-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Europäische Norm EN 1591-1 basiert auf der Berechnungsmethode nach TGL 32 903/13:1983.
- Vornormcharakter aufgehoben

Frühere Ausgaben

DIN 2505:1927-01, 1964-10
DIN V 2505: 1986-01
DIN 2506: 1927-01
DIN 2507: 1927-07

Fortsetzung 48 Seiten EN

Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD)
im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Flansche und ihre Verbindungen
Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen
mit runden Flanschen und Dichtung
Teil 1: Berechnungsmethode

Flanges and their joints —
Design rules for gasketed
circular flange connections —
Part 1: Calculation method

Brides et leurs assemblages —
Règles de calcul des assemblages à brides
circulaires avec joint —
Partie 1: Méthode de calcul

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 8. März 2001 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 seine 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, der Tschechischen Republik 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		Seite
Vorwort	3	6.4 Integrierter Flansch, Bund oder Bördel	33
1 Anwendungsbereich	5	6.5 Blindflansch	34
1.1 Allgemeines	5	6.6 Loser Flansch mit Bund oder Bördel	34
1.2 Erfordernis für die Anwendung dieser Berechnungsmethode	5	Anhang A (informativ) Anforderung für die Begrenzung der Ungleichmäßigkeit der Dichtungspressung	36
1.3 Gültigkeit	5	Anhang B (informativ) Maße für genormte metrische Schrauben	37
2 Normative Verweisungen	7	Anhang C (informativ) Streubereich der Schrauben-Anziehverfahren	38
3 Nomenklatur	8	Anhang D (informativ) Montage mittels Dreh- momentschlüssel	39
3.1 Gebrauch der Bilder	8	Anhang E (informativ) Drehungen des Flansches	41
3.2 Indizes und Sonderzeichen	8	Anhang F (informativ) Flussdiagramm für die Berechnungsmethode	42
3.3 Formelzeichen	9	Anhang G (informativ) Verbindungen mit Kontakt zwischen Flanschen und Dichtungs- stützring	43
3.4 Terminologie	13	Anhang ZA (informativ) Abschnitte in dieser Europäischen Norm, in denen grundlegende Anforderungen oder sonstige Festlegungen der PED angesprochen werden	48
4 Berechnungsparameter	20	Literaturhinweise	48
4.1 Flansch-Parameter	20		
4.2 Schrauben-Parameter	23		
4.3 Dichtungs-Parameter	24		
5 Interne Kräfte (in der Verbindung)	26		
5.1 Belastungen	27		
5.2 Nachgiebigkeit der Verbindung	28		
5.3 Mindestkräfte für die Dichtung	28		
5.4 Interne Kräfte im Montagezustand ($I = 0$) ..	29		
5.5 Interne Kräfte in Folgezuständen ($I = 1, 2 \dots$)	30		
6 Überprüfung der zulässigen Belastungs- grenzen	31		
6.1 Allgemeines	31		
6.2 Schrauben	32		
6.3 Dichtung	32		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom CEN/TC 74 "Flansche und ihre Verbindungen" erarbeitet, dessen Sekretariat vom Deutschen Institut für Normung (DIN) geführt wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2001, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2001 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde. Diese Europäische Norm ist als unterstützende Norm für weitere Anwendungs- und Produktnormen zu betrachten, die ihrerseits eine grundlegende Sicherheitsanforderung einer Richtlinie nach der neuen Konzeption unterstützen und die als normative Verweisung darin aufgeführt wird.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

EN 1591 besteht aus zwei Teilen:

- EN 1591-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 1: Berechnungsmethode*
- ENV 1591-2, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 2: Dichtungskennwerte*

Die Berechnung erfüllt die Kriterien Dichtheit und Festigkeit. Das Verhalten des Gesamtsystems Flansch-Schraube-Dichtung wird betrachtet. Die berücksichtigten Parameter sind nicht nur grundsätzlicher Art wie

- Druck des Mediums;
- Festigkeitswerte der Flansch-, Schrauben- und Dichtungswerkstoffe;
- Dichtungsfaktor;
- nominale Schraubenkraft;

sondern auch:

- mögliche Streuung beim Schrauben-Anziehverfahren;
- Änderungen der Dichtungskraft bei mechanischer Beanspruchung/Deformation aller Komponenten der Flanschverbindung;
- Einfluss der angeschlossenen Schale oder des angeschlossenen Rohres;
- Einfluss äußerer Axialkräfte und Biegemomente;
- Einfluss von Temperaturdifferenzen zwischen Schrauben und Flanschring.

Die Berechnung der Gebrauchstauglichkeit der Dichtung beruht auf der Elastizitätsanalyse der Beziehungen zwischen Belastung und Deformation zwischen allen Teilen der Flanschverbindung, gegebenenfalls korrigiert um das plastische Verhalten des Dichtungswerkstoffes. Die Berechnung der mechanischen Steifigkeit beruht auf Analyse der (plastischen) zulässigen Verformung der Kombination Flansch-Schale. Sowohl innere als auch äußere Belastungen werden berücksichtigt. Belastungszustände, die berücksichtigt werden, sind der Montagezustand, hydrostatische Prüfung und alle nachfolgenden Betriebszustände.

Die Berechnungsschritte sind generell wie folgt:

- 1) Zunächst wird die erforderliche Anfangs-Mindest-Schraubenkraft (wird bei der Montage erreicht) bestimmt, so dass in jedem darauf folgenden Belastungszustand die resultierende Kraft auf die Dichtung nie kleiner als die für die Dichtung erforderliche mittlere Mindestkraft ist (Werte z. B. in ENV 1591-2 angegeben). Die Bestimmung dieser Schraubenkraft erfolgt iterativ, da sie von der effektiven Dichtungsbreite abhängt, die wiederum von der Schraubenkraft abhängt.
- 2) Dann werden die inneren Kräfte, die aus den ausgewählten Werten der anfänglichen Schraubenkräfte resultieren, für alle Belastungszustände berechnet und die Zulässigkeit äußerer und innerer Kräfte wird wie folgt geprüft:
 - Montagezustand: Prüfung unter Annahme der maximal möglichen Schraubenkraft, die durch das Schrauben-Anziehverfahren erreicht werden kann.
 - Prüf- und Betriebszustände: Prüfung auf Einhalten der erforderlichen Mindest-Schraubenkräfte, um zu gewährleisten, dass die Verbindung diese minimalen Kräfte abgesehen von örtlich begrenzten Stellen ohne Verziehen aufnimmt. Höhere Montage- Schraubenkräfte führen zu (begrenzter) plastischer Deformation in Folgezuständen (Prüfzustand, Betriebszustand). Die so festgelegten Prüfungen stellen sicher, dass diese Verformungen die Schraubenkräfte nicht auf einen Wert unterhalb der Mindestkraft reduzieren.

Falls notwendig, kann die Flanschdrehung bei allen Lastzuständen nach Anhang E berechnet und die errechneten Werte mit Anwendungsgrenzen von Dichtungen verglichen werden, die gelten können.

Prüfungen der Zulässigkeit von Belastungen setzen Sicherheitsfaktoren voraus, die auch auf die Werkstofffestigkeit bei der Bestimmung der Nenn-Berechnungsspannung in der Berechnungsmethode angewendet werden.

ANMERKUNG Für Flansche, die zur Erfüllung anderer Regelwerke eingesetzt werden, ergibt die Methode keine Werte für Nenn-Berechnungsspannungen.

Da jedoch alle wesentlichen Auslegungsparameter in der Berechnungsmethode berücksichtigt werden, ist es zulässig, niedrige Sicherheitsfaktoren festzulegen durch besondere Verwendung der Nenn-Berechnungsspannungen:

- Im Montagezustand sind die Nenn-Berechnungsspannungen gleich denen für die Druckprüfung (üblicherweise größer als im Betriebszustand).
- Für Schrauben werden die Nenn-Berechnungsspannungen auf Grundlage der gleichen Regeln wie für Flansch- und Schalenwerkstoffe (z. B. gleicher Sicherheitsfaktor für Zugspannung) berechnet.

Die für die Betrachtung der Dichtheit erforderliche auf die Dichtung wirkende Mindestkraft kann auf 2 verschiedenen Wegen ermittelt werden:

- 1) Verwendung tabellierter Dichtungskennwerte wie z. B. in ENV 1591-2 angegeben, die auf Industriepraxis basieren und hauptsächlich Leckraten für Gas und Dampf entsprechen.
- 2) Herleitung aus Messungen der Leckrate in Abhängigkeit von Dichtungsspannungsdaten — wenn für Dichtungen verfügbar — wie z. B. in ENV 1591-2 angegeben. Dies erlaubt die Auslegung zu irgendeiner vorgegebenen maximalen Leckrate.

Die Anwendung dieser Berechnungsmethode ist insbesondere nützlich für Verbindungen, bei denen die Schraubenkraft während der Montage gemessen wird. Je größer die Genauigkeit hierbei ist, desto nutzbringender ist die Anwendung dieses Verfahrens.

Im gegenwärtigen Stadium der Entwicklung ist dieses Verfahren nicht anwendbar auf Flanschverbindungen mit metallischem Dichtflächenkontakt (ausgenommen Flanschverbindungen mit metallischem Dichtungsstützring, siehe Anhang G) oder auf Flanschverbindungen, deren Steifigkeit stark von der Dichtungsbreite abhängt.

Ein Flussdiagramm für die Berechnung ist im Anhang F angegeben.

1 Anwendungsbereich

1.1 Allgemeines

Diese Europäische Norm legt eine Berechnungsmethode für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen, Schrauben und Dichtung fest. Sie hat den Zweck, die Festigkeit der Konstruktion sicherzustellen und die Dichtigkeit zu beherrschen. ENV 1591-2 legt Dichtungskennwerte fest, die in dieser Norm verwendet werden können.

1.2 Erfordernis für die Anwendung dieser Berechnungsmethode

Dieses Verfahren bietet (soweit zugelassen) eine Alternative für die Bestätigung der Gültigkeit der Auslegung mit anderen Mitteln, z. B.:

- besondere Prüfung;
- vorliegende Erfahrung;
- Verwendung genormter Flansche unter zulässigen Bedingungen.

1.3 Gültigkeit

1.3.1 Geometrie

Dieses Verfahren ist anwendbar für Konfigurationen mit:

- Flanschen, deren Querschnitt gleich ist oder zurückgeführt werden kann auf die in den Bildern 4 bis 12 angegebenen Flansche;
- vier oder mehr gleichen Schrauben, gleichmäßig verteilt;
- Dichtung, deren Querschnitt und Einbaulage unter Belastung durch eine der Konstruktionen in Bild 3 dargestellt werden kann;
- Flanschmaßen, die folgende Bedingungen erfüllen:

a) $0,2 \leq b_F/e_F \leq 5,0$; $0,2 \leq b_L/e_L \leq 5,0$

b) $e_F \geq \max \left\{ e_2; d_{B0}; p_B \times \sqrt[3]{(0,01 \dots 0,10) \times p_B/b_F} \right\}$

c) $\cos \varphi_s \leq 1/(1 + 0,01 d_s/e_s)$

ANMERKUNG 1 Bedeutung der Kurzzeichen siehe Abschnitt 3.

ANMERKUNG 2 Die Einschränkung $b_F/e_F \leq 5,0$ braucht nicht eingehalten zu werden bei Bunden oder Bördeln in Verbindung mit losen Flanschen.

ANMERKUNG 3 Die Bedingung $e_F \geq p_B \times \sqrt[3]{(0,01 \dots 0,10) p_B/b_F}$ dient der Begrenzung einer ungleichmäßigen Dichtungspressung hervorgerufen durch die Abstände zwischen den Schrauben. Die Werte 0,01 und 0,10 gelten für weiche (nicht-metallische) bzw. harte (metallische) Dichtungen. Eine genauere Berechnung ist in Anhang A enthalten.

ANMERKUNG 4 Erforderlichenfalls sollten Auswirkungen von Maßen, Toleranzen und Korrosion berücksichtigt werden; hierbei sind andere Regelwerke, unter denen die Auslegung/Berechnung durchgeführt wurde, anzugeben. Werte sind beispielsweise angegeben in EN 13445 und EN 13480.

Folgende Konfigurationen liegen außerhalb des Anwendungsbereiches dieses Verfahrens:

- Flansche mit im wesentlichen nicht axialsymmetrischer Geometrie, z. B. geteilte lose Flansche, mit Stegen verstärkte Flansche.
- Verbindungen, bei der die Flansche direkten und indirekten metallischen Kontakt zueinander innerhalb und/oder außerhalb der Dichtung oder innerhalb und/oder außerhalb des Lochkreisdurchmessers haben, ausgenommen der besondere Fall von Flanschen mit Dichtungsstützring, der in Anhang G beschrieben ist.

1.3.2 Werkstoffe

Werte für Nenn-Berechnungsspannungen sind in diesem Berechnungs-Verfahren nicht festgelegt. Sie sind abhängig von anderen Regelwerken, die angewendet werden. Diese Werte sind beispielweise angegeben in EN 13445 und EN 13480.

Nenn-Berechnungsspannungen für Schrauben sind wie für Flansche und Schalen zu ermitteln. Die Dichtung wird dargestellt durch elastisches Verhalten mit einem plastischen Anteil.

Bei inkompressiblen verformbaren Flachdichtungen (z. B. Flachdichtungen, die größtenteils aus Gummi bestehen) können die Ergebnisse nach diesem Verfahren extrem konservativ sein (d. h. zu hohe erforderliche Schraubenkraft, zulässiger Mediendruck zu gering, notwendige Dichtungsbreite zu groß, usw.), da es diese Eigenschaften vernachlässigt.

1.3.3 Belastungen

Dieses Verfahren gilt für die folgenden Belastungen:

- Mediendruck: innen oder außen;
- äußere Belastungen: Axialkräfte und Biegemomente;
- axiale Verformungen von Flanschen, Schrauben und Dichtungen insbesondere infolge von Temperaturänderungen.

1.3.4 Mechanisches Modell

Dieses Verfahren basiert auf dem folgenden mechanischen Modell:

- a) Die Geometrie der Flansche und der Dichtung ist axialsymmetrisch. Kleine Abweichungen aufgrund einer begrenzten Anzahl von Schrauben sind erlaubt. Folgende Anwendung ist nicht erlaubt: geteilte lose Flansche, ovale Flansche.
- b) Der Flanschquerschnitt (radialer Schnitt) wird nicht verformt. Nur tangentielle Spannungen und Zugkräfte im Ring werden behandelt; radiale und axiale Spannungen und Zugkräfte werden vernachlässigt. Diese Annahme erfordert die Einhaltung von 1.3.1a).
- c) Der Flanschring eines Integralflansches ist an eine zylindrische Schale angeschlossen. Ein kegeliger Ansatz wird wie eine äquivalente zylindrische Schale mit berechneter Wanddicke behandelt, die für elastisches und plastisches Verhalten unterschiedlich ist, jedoch immer zwischen der gegebenen Mindest- und Höchstdicke liegt. Kegelige Schalen und Kugelschalen werden behandelt wie zylindrische Schalen mit gleicher Wanddicke; Unterschiede zu zylindrischen Schalen werden explizit in den Formeln berücksichtigt. Diese Annahme erfordert die Einhaltung von 1.3.1c). An der Verbindung von Flanschring und Schale wird die Erhaltung von radialer Verschiebung und Drehung in der Berechnung berücksichtigt.
- d) Die Dichtung berührt die Flanschdichtfläche auf einer (berechneten) kreisförmigen Fläche. Die effektive Dichtungsbreite (radial) b_{Ge} kann geringer als die tatsächliche Dichtungsbreite sein. Diese effektive Dichtungsbreite b_{Ge} wird für den Montagezustand ($l = 0$) berechnet und es wird angenommen, dass sie für alle anderen Folgezustände ($l = 1, 2 \dots$) unverändert bleibt. Die Berechnung von b_{Ge} schließt die elastische Drehung beider Flansche sowie die elastische und plastische Verformung der Dichtung (näherungsweise) im Montagezustand mit ein.

- e) Der Elastizitätsmodul des Dichtungswerkstoffes kann mit der Druckspannung Q anwachsen. Das Verfahren verwendet ein lineares Modell: $E_G = E_0 + K_1 \times Q$. Dies ist der elastisch-plastische Sekantenmodul bei Entlastung, gemessen zwischen 100 % und 33 % des höchsten Wertes der Druckspannung (Q) im Montagezustand.
- f) Das Kriechen des Dichtungswerkstoffes unter Druckspannung wird näherungsweise berücksichtigt durch den Kriechfaktor g_c (siehe ENV 1591-2).
- g) Thermische und mechanische axiale Verformungen von Flanschen, Schrauben und Dichtung werden berücksichtigt.
- h) Die Belastung der Flanschverbindung ist axialsymmetrisch. Das nicht axialsymmetrische Biegemoment wird als äquivalente axiale Kraft behandelt, die axialsymmetrisch nach Gleichung (44) ist.
- i) Belastungswechsel zwischen verschiedenen Belastungszuständen bewirken interne Änderungen der Schrauben- und Dichtungskräfte. Diese werden unter Berücksichtigung der elastischen Verformung aller Komponenten berechnet. Um Dichtheit sicherzustellen, wird die erforderliche anfängliche Montagekraft berechnet (siehe 5.4), so dass die erforderlichen Kräfte, die auf die Dichtung wirken, unter allen Bedingungen erhalten sind (siehe 5.3 und 5.5).
- j) Nachweise der Belastungsgrenze basieren auf den Belastungsgrenzen jedes Bauteils. Übermäßige plastische Verformungen werden dadurch verhindert. Grenzen für Dichtungen, die von $Q_{\max}$ abhängen, sind nur Näherungen.

Folgendes wird innerhalb dieses Modells nicht berücksichtigt:

- k) Steifheit und Biegemoment der Schrauben. Dies ist eine konservative Vereinfachung. Jedoch schließt die Zugsteifigkeit von Schrauben näherungsweise eine Deformation der mit den Muttern oder Gewindelöchern in Kontakt stehenden Schraubenpartie mit ein (siehe Gleichung (34)).
- l) Kriechen von Flanschen und Schrauben.
- m) Unterschiedliche radiale Verformungen an der Dichtung (Vereinfachung ohne Auswirkungen bei gleichen Flanschen).
- n) Ermüdungsanalysen (üblicherweise nicht in Berechnungsregeln wie dieser berücksichtigt).
- o) Äußere Torsionsmomente und äußere Scherkräfte, die z. B. durch Rohrleitungsteile verursacht werden.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

prEN 1092:1997, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*.

EN 1092-2, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 2: Gusseisenflansche*.

prEN 1092-3:1994, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach nach PN bezeichnet — Teil 3: Flansche und Kupferlegierungen und Verbundwerkstoffen*.

prEN 1092-4:1995, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Fittings und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 4: Flansche aus Aluminiumlegierungen*.

ENV 1591-2, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 2: Dichtungskennwerte*.

3 Nomenklatur

3.1 Gebrauch der Bilder

Die Bilder 1 bis 12 veranschaulichen die Nomenklatur der geometrischen Parameter. Sie zeigen nur das Prinzip und legen nicht die Konstruktion fest. Es sind nicht alle möglichen Flanschtypen dargestellt, für die das Verfahren gilt.

Für genormte Flanschtypen nach EN 1092 gelten die folgenden Bilder:

Typ 01	Bild 8
Typ 02	Bild 10
Typ 04	Bild 10
Typ 05	Bild 9
Typ 07	Bild 10
Typ 11	Bild 4
Typ 12	Bild 11
Typ 13	Bild 12
Typ 21	Bild 4 bis 7

3.2 Indizes und Sonderzeichen

3.2.1 Indizes

- A – Zusatz (F_A , M_A)
- B – Schraube
- C – Kriechen der Dichtung (g_c)
- D – Äquivalenter Zylinder (kegeliger Ansatz + angeschlossene Schale) zur Berechnung der Belastungsgrenze
- E – Äquivalenter Zylinder (kegeliger Ansatz + angeschlossene Schale) zur Berechnung der Nachgiebigkeit
- F – Flansch
- G – Dichtung
- H – Ansatz
- I – Kennzahl für den Belastungszustand (mit den Werten 0, 1, 2 ...)
- L – Loser Flansch
- M – Moment
- P – Druck
- Q – Resultierende axiale Kraft durch Druck
- R – Resultierende axiale Kraft durch äußere Kraft
- S – Schale, Scherbeanspruchung
- T – Schale, modifiziert
- X – Schwacher Querschnitt
- Δ – Symbol für Änderung oder Differenz
- av – Mittelwert

- c – berechnet
- d – Auslegung
- e – effektiv
- max – Maximum
- min – Minimum
- nom – nominal
- opt – optimal
- req – erforderlich
- s – Schaft (glatter Teil der Schraube)
- t – theoretisch, Drehmoment, Gewinde
- 0 – Montagezustand ($I = 0$, siehe Index I)

3.2.2 Sonderzeichen

- ~ – Zeichen, das über den Zeichen für den Flanschparameter steht und sich auf den zweiten Flansch der Verbindung bezieht, der möglicherweise verschieden vom ersten Flansch ist.

3.3 Formelzeichen

Für Parameter mit Dimension ist die Einheit in Klammern angegeben, bei dimensionslosen Parametern ist nichts angegeben.

- A_B – effektive Querschnittsfläche aller Schrauben [mm^2], Gleichung (33)
- A_F, A_L – radiale Gesamtquerschnittsfläche des Flanschrings (einschließlich Schraubenlöcher), loser Flansch [mm^2], Gleichungen (5), (7), (8)
- A_{Ge}, A_{Gt} – Fläche der Dichtung, effektiv, theoretisch [mm^2], Gleichungen (39), (36)
- C – Koeffizient für das Torsionsmoment beim Belastungsgrad der Schrauben, Gleichung (71)
- E_0 – Elastizitätsmodul der Dichtung bei Druckspannung Null, $Q = 0$ [MPa] (siehe ENV 1591-2)
- E_B, E_F, E_G, E_L – Elastizitätsmodul des mit dem entsprechenden Index bezeichneten Teils, bei bestimmter Temperatur des Teils [MPa] (für E_G siehe ENV 1591-2)
- F_A – äußere axiale Zusatzkraft [N], Zugkraft > 0 , Druckkraft < 0 , siehe Bild 1
- F_B – Schraubenkraft (Summe aller Schrauben) [N]
- F_G – Dichtungskraft [N]
- $F_{G\Delta}$ – Mindestdichtungskraft [N] im Montagezustand, die nach allen Belastungswechseln bei nachfolgenden Zuständen die erforderliche Dichtungskraft sicherstellt, Gleichung (51)
- F_Q – axiale Kraft des Mediendrucks [N], Gleichung (43)
- F_R – Kraft, die sich aus F_A und M_A ergibt [N], Gleichung (44)
- I – Nummer des Belastungszustands; Montagezustand: $I = 0$; Folgezustände: $I = 1, 2, 3, \dots$

I_B	– Plastisches Torsionsmoment [mm ³] eines Schraubenquerschnitts, $\left(= \frac{\pi}{12} \times \min(d_{Be}; d_{Bs})^3 \right)$, Gleichung (71)
K_I	– Änderungsrate des Elastizitätsmoduls der Dichtung bei Druckspannung, ENV 1591-2
K_s	– systematischer Fehler infolge der Ungenauigkeit des Schrauben-Anziehverfahrens
M_A	– äußeres Zusatzmoment [N × mm], Bild 1
M_t	– Schrauben-Drehmoment [N × mm], Anhang D
$M_{t, B}$	– Torsionsmoment [N × mm] am Schraubenschaft infolge Montage der Schraubenverbindung mit Drehmoment M_t , Gleichung (71) und (D.8) bis (D.11)
N_R	– Anzahl der Montage- und Nachziehvorgänge innerhalb der Lebensdauer einer Verbindung, Gleichung (67)
P	– Mediendruck [MPa], Innendruck > 0, Außendruck < 0 (1 bar = 0,1 MPa)
ANMERKUNG P in dieser Norm ist gleich dem maximal zulässigen Druck PS nach der PED.	
Q	– mittlere effektive Druckspannung der Dichtung [MPa], $Q = F_G/A_{Ge}$
Q_1	– erforderliche mittlere effektive Druckspannung der Dichtung bei Belastungszustand I [MPa]
Q_{min}	– Mindest-Druckspannung der Dichtung für Montagezustand (auf der effektiven Dichtfläche) [MPa], Gleichung (49), siehe ENV 1591-2
Q_{max}	– maximal zulässige Druckspannung der Dichtung (abhängig von Dichtungswerkstoff, Konstruktion, Maßen und Rauheit der Flanschdichtflächen) [MPa], Gleichung (72), siehe ENV 1591-2 (darin enthaltene Sicherheitsbeiwerte sind für alle Belastungszustände gleich)
$Q_{max, Y}$	– Charakteristik der Druckspannung des Dichtungswerkstoffes und der Dichtungs konstruktion, siehe Tabelle 1 und EN 1591-2:1999 [MPa]
T_B, T_F, T_G, T_L	– Temperatur (Mittelwert) der durch Index bezeichneten Bauteile [°C] oder [K], Gleichung (45)
T_O	– Temperatur der Verbindung bei Montage [°C] oder [K] (üblicherweise + 20 °C)
U	– axiale Verschiebung [mm]; ΔU nach Gleichung (45)
W_F, W_L, W_X	– Widerstand des durch Index bezeichneten Bauteils und/oder Querschnitts [N mm], Gleichungen (74), (86), (88), (90)
X_B, X_G	– axialer Elastizitätsmodul der Schrauben bzw. Dichtung [1/mm], Gleichungen (34), (42)
Y_G, Y_Q, Y_R	– axiale Nachgiebigkeit der montierten Flanschverbindung [mm/N] unter den Lasten F_G, F_Q, F_R , Gleichungen (46), (47), (48)
Z_F, Z_L	– Elastizitätsmodul bei Drehung des Flansches, losen Flansches [1/mm ³], Gleichungen (27), (31), (32)
b_0	– Breite der Anfasung (oder Abrundung) an einem losen Flansch [mm], Bild 10, Gleichung (15), so dass gilt: $d_{7\min} = d_6 + 2 \times b_0$
b_F, b_L	– effektive Breite des Flansches, losen Flansches [mm], Gleichungen (5) bis (8)
b_{Gi}, b_{Ge}, b_{Gt}	– Interimbreite, effektive, theoretische Breite der Dichtung (radial) [mm] Gleichungen (35), (38), Tabelle 1

c_F, c_M, c_S	– Korrekturfaktoren, Gleichungen (20), (78), (79)
d_0	– Innendurchmesser des Flanschringses, bzw. Außendurchmesser des Blindflansch-Mittelteils (mit Dicke e_0), keinesfalls größer als der Innendurchmesser der Dichtung [mm], Bilder 4 bis 12
d_1	– mittlerer Durchmesser des Ansatzes am dünnen Ende [mm], Bilder 4, 5, 11, 12
d_2	– mittlerer Durchmesser des Ansatzes am dicken Ende [mm], Bilder 4, 5, 11, 12
d_3, d_{3e}	– tatsächlicher, effektiver Lochkreisdurchmesser [mm], Bilder 4 bis 12
d_4	– Außendurchmesser des Flansches [mm], Bilder 4 bis 12
d_5, d_{5t}, d_{5e}	– Durchmesser des Schraubenloches, Durchgang, geschlossen, effektiv [mm], Bilder 4 bis 12
d_6	– Innendurchmesser des losen Flansches [mm], Bilder 10, 12
d_7	– Durchmesser an der Stelle der Kraftübertragung zwischenlosem Flansch und Bund oder Bördel [mm], Bild 1, Gleichungen (15), (41)
d_8	– Außendurchmesser des Bundes oder Bördel [mm], Bild 10
d_9	– Durchmesser eines mittigen Loches in einem Blindflansch [mm], Bild 9
d_{B0}, d_{Be}, d_{Bs}	– Schrauben: Nenndurchmesser, effektiver Durchmesser, Schaftdurchmesser [mm], Bild 2, Tabelle B.1
d_{B2}, d_{B3}	– Flankendurchmesser, kleinerer Durchmesser des Gewindes [mm], siehe Bild 2
d_{Ge}, d_{Gt}	– Dichtungsdurchmesser, effektiv, theoretisch [mm], Bild 3, Tabelle 1
d_{G1}, d_{G2}	– Innen-, Außendurchmesser der theoretischen Dichtungsfläche [mm], Bild 3
d_E, d_F, d_L d_S, d_X	– mittlerer Durchmesser des durch Index bezeichneten Bauteils oder Abschnitts [mm], Gleichungen (5) bis (8), (10) bis (12), Bilder 4 bis 12
e_0	– Wanddicke des Blindflansches innerhalb d_0 [mm], Bild 9
e_1	– kleinste Wanddicke am dünnen Ende des Ansatzes [mm], Bilder 4, 5, 11, 12
e_2	– Wanddicke am dicken Ende des Ansatzes [mm], Bilder 4, 5, 11, 12
e_D, e_E	– Wanddicke der äquivalenten Schale [mm], für Berechnung der Belastungsgrenzen, für Berechnungen der Nachgiebigkeit, Gleichungen (9), (11), (12), (75)
e_F, e_L	– effektive axiale Dicke des Flansches, losen Flansches [mm], Gleichungen (5) bis (8)
e_{Fb}	– Dicke des Flanschringses am Durchmesser d_3 (Schraubenkreis) [mm] Gleichung (3)
e_{Fi}	– Dicke des Flanschringses am Durchmesser d_{Ge} (Angriffspunkte der resultierenden Dichtungskraft), beeinflusst die thermische Ausdehnung [mm], Gleichung (45)
e_G	– Dicke der Dichtung [mm], Bild 3
e_P, e_Q	– Dicke des Flansches mit (e_P) oder ohne (e_Q) radiale Druckbelastung [mm], Bilder 4 bis 12, so dass gilt: $e_P + e_Q = e_F$
e_S	– Dicke der angeschlossenen Schale [mm], Bilder 4 bis 8, 10 bis 12
e_X	– Flanschdicke am schwachen Querschnitt [mm], Bild 9
f_B, f_E, f_F, f_L, f_S	– Nenn-Berechnungsspannung [MPa] des durch den Indexbuchstaben bezeichneten Teils bei Berechnungstemperatur [°C] oder [K], wie in den Druckbehältercodes definiert und verwendet

g_C	– Kriechfaktor der Dichtung, Gleichung (46), siehe ENV 1591-2
h_G, h_H, h_L	– Hebelarme [mm], Bild 1, Gleichungen (14), (16)
$h_P, h_Q, h_R,$ h_S, h_T	– Hebelarm-Korrekturen [mm], Gleichungen (13), (21) bis (24), (29), (30)
j_M, j_S	– Vorzeichenzahl für Moment oder Scherkraft (+ 1 oder – 1), Gleichung (80)
k_Q, k_R, k_M, k_S	– Korrekturfaktoren, Gleichungen (25), (26), (81)
l_B, l_s	– Axialabmessungen der Schrauben [mm], Bild 2, Gleichung (34)
l_e	– $l_e = l_B - l_s$
l_H	– Länge des Ansatzes [mm], Bilder 4, 5, 11, 12, Gleichungen (9), (75)
n_B	– Anzahl der Schrauben, Gleichungen (1), (4), (33), (34)
p_B	– Abstand zwischen Schrauben [mm], Gleichung (1)
p_t	– Gewindesteigung [mm], Tabelle B.1
r_0, r_1	– Radien [mm], Bilder 4, 10
r_2	– Krümmungsradius im Dichtungsquerschnitt [mm], Bild 3
ΔU	– differentielle thermische axiale Ausdehnung [mm], Gleichung (45)
Θ_F, Θ_L	– Drehung des Flansches, losen Flansches durch einwirkendes Moment [rad], Anhang E
Ψ	– Verhältnis der Radialkräfte am Flanschring, Gleichung (82)
Ψ_Z	– Spezieller Wert für Ψ , Gleichung (75), Tabelle 2
$\Phi_B, \Phi_F, \Phi_G,$ Φ_L, Φ_X	– Belastungsgrad des durch Index bezeichneten Bauteils und/oder Querschnitts, für alle Zustände zu berechnen, Gleichungen (71), (72), (73), (85), (87), (89), (91)
$\Phi_{\max}$	– Reduzierter maximaler zulässiger Belastungsgrad, Gleichung (70)
$\alpha_B, \alpha_F, \alpha_G, \alpha_L$	– Temperatúrausdehnungskoeffizient des durch Index bezeichneten Bauteils, gemittelt zwischen T_0 und T_B, T_F, T_G, T_L, T_S , $[K^{-1}]$
$\beta, \gamma, \delta, \vartheta$ κ, λ, χ	– Hilfsvariablen, Gleichungen (9), (17), (18), (19), (41), (70), (75), (77)
$\varepsilon_{1+}, \varepsilon_{1-}$	– Streuwert beim Schrauben-Anziehen, bezogen auf eine einzelne Schraube, oberhalb des Nennwertes, unterhalb des Nennwertes, Anhang C
$\varepsilon_+, \varepsilon_-$	– Streuwert der gesamten Belastung aller Schrauben, oberhalb des Nennwertes, unterhalb des Nennwertes, Gleichung (60), (61)
π	– Numerische Konstante ($\pi = 3,141593$)
φ_G	– Radialer Neigungswinkel einer Dichtfläche [rad oder Grad], Bild 3, Tabelle 2
φ_S	– Neigungswinkel der anschließenden Schalenwand [rad oder Grad], Bilder 6, 7

3.4 Terminologie

3.4.1 Flansche

- Integrierter Flansch: Flansch, der mit der Schale entweder verschweißt ist (Vorschweißflansche — siehe Bilder 4 bis 7 — oder Überschieb-Schweißflansche mit Ansatz — siehe Bilder 8 und 11) oder an die Schale angegossen ist (Integralflansche, Typ 21)
- Blindflansch: Ebene Platte, siehe Bild 9
- Loser Flansch: Separater Flanschring, der an einem Bund oder Bördel anliegt, siehe Bild 10
- Ansatz: Axiale Erweiterung des Flanschtrings, verbindet in der Regel den Flanschring mit der Schale, siehe Bilder 4, 5
- Bund oder Bördel: Anlagefläche für losen Flansch, siehe Bild 10

3.4.2 Belastungen

- Äußere Belastungen: Kräfte und/oder Momente, die durch angeschlossene Teile auf die Verbindung wirken, z. B. Gewicht und Temperaturdehnung der Rohre

3.4.3 Belastungszustände

- Belastungszustand: Zustand bei festgelegten, gleichzeitig wirkenden Belastungen, bezeichnet durch I;
- Montagezustand: Belastungszustand nach erstmaligem Anziehen der Schrauben (Schrauben-Anziehen) bezeichnet durch I = 0
- Folgezustand: Belastungszustand nach dem Montagezustand, z. B. Prüfzustand, Betriebszustand, Anfahr- und Abfahrzustand, bezeichnet durch I = 1, 2, 3 ...

3.4.4 Nachgiebigkeit

- Nachgiebigkeit: Reziprokwert der Steifigkeit, axiale Elastizität: Kurzzeichen Y , [mm/N]
- Elastizitätsmodul: Reziprokwert der Steifigkeit, ohne elastische Konstanten:
axial: Kurzzeichen X , [1/mm]
bei Drehung: Kurzzeichen Z , [1/mm³]