

DIN EN 1591-1

ICS 23.040.60

Ersatz für
DIN EN 1591-1:2011-08

**Flansche und ihre Verbindungen –
Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden
Flanschen und Dichtung –
Teil 1: Berechnung;
Deutsche Fassung EN 1591-1:2013**

Flanges and their joints –
Design rules for gasketed circular flange connections –
Part 1: Calculation;
German version EN 1591-1:2013

Brides et leurs assemblages –
Règles de calcul des assemblages à brides circulaires avec joint –
Partie 1: Méthode de calcul;
Version allemande EN 1591-1:2013

Gesamtumfang 80 Seiten

Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1591-1:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 74 „Flansche und ihre Verbindungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 082-00-16 AA „Flansche und ihre Verbindungen“ im Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) verantwortlich.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1591-1:2011-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Korrektur der Berechnung des Belastungsgrades für Blindflansche;
- b) Einführung von Abstandshaltern (Scheiben);
- c) Änderung der Berechnung des Belastungsgrades für Schrauben;
- d) Einführung von auf die Schraubverbindung wirkenden Querkräften und Torsionsmomenten;
- e) Einführung einer alternativen (genaueren) Berechnungsmethode für die Festlegung der effektiven Dichtungsweite (informativer Anhang);
- f) Einführung der Möglichkeit, das Kriech-/Relaxationsverhalten der Dichtung durch zusätzliche Durchbiegung zu erfassen;
- g) Einführung eines informativen Anhangs hinsichtlich der Umrechnung von Leckageraten;
- h) Einführung der Möglichkeit, die geschraubte Flanschverbindung hinsichtlich eines festgelegten Wertes für die Einbau-Schraubenkraft zu prüfen;
- i) Einführung einer Möglichkeit eine Berechnung durchzuführen, selbst wenn keine Dichtheitsanforderungen durch grundlegende Dichtungskennwerte festgelegt sind (Anhang G);
- j) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 2506: 1927-01
DIN 2507: 1927-07
DIN 2505: 1964-10
DIN V 2505: 1986-01
DIN EN 1591-1: 2001-10, 2009-10, 2011-08

Deutsche Fassung

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

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Oktober 2013 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 Management-Zentrum des CEN-CENELEC 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Nomenklatur	7
3.1 Anwendung der Bilder	7
3.2 Indizes und Sonderzeichen	8
3.2.1 Indizes	8
3.2.2 Sonderzeichen	9
3.3 Formelzeichen	9
3.4 Terminologie	14
3.4.1 Flansche	14
3.4.2 Belastungen	14
3.4.3 Belastungszustände	15
3.4.4 Nachgiebigkeit	15
4 Anforderungen an die Anwendung der Berechnungsmethode	22
4.1 Allgemeines	22
4.2 Geometrie	22
4.3 Werkstoffe	23
4.4 Belastungen	23
5 Überprüfung der Baugruppe im Hinblick auf eine festgelegte Einbau-Anziehungskraft (bzw. auf ein Einbau-Drehmoment)	24
6 Berechnungskennwerte	24
6.1 Allgemeines	24
6.2 Flanschkennwerte	24
6.2.1 Allgemeines	24
6.2.2 Flanschring	25
6.2.3 Angeschlossene Schale	26
6.2.4 Elastizitätsbezogene Flanschkennwerte	27
6.3 Schrauben- und Scheibenkennwerte	28
6.3.1 Allgemeines	28
6.3.2 Effektive Querschnittsfläche der Schrauben	28
6.3.3 Axialer Elastizitätsmodul der Schrauben	28
6.3.4 Geometrische Kennwerte für Scheiben und Kontaktflächen	29
6.3.5 Axialer Elastizitätsmodul der Scheiben	29
6.4 Dichtungskennwerte	29
6.4.1 Allgemeines	29
6.4.2 Theoretische Maße	29
6.4.3 Effektive Maße	30
6.4.4 Axialer Elastizitätsmodul der Dichtung	31
6.4.5 Hebelarme	33
7 Kräfte	34
7.1 Allgemeines	34
7.2 Aufgebrachte Belastungen	34
7.2.1 Montagezustand ($I = 0$)	34
7.2.2 Folgezustände ($I = 1, 2 \dots$)	34
7.3 Nachgiebigkeit der Verbindung	35

7.4	Erforderliche Mindestkräfte für die Dichtung	36
7.4.1	Montagezustand ($I = 0$)	36
7.4.2	Folgezustände ($I = 1, 2, \dots$)	36
7.5	Innere Kräfte im Montagezustand ($I = 0$)	37
7.5.1	Erforderliche Kräfte	37
7.5.2	Berücksichtigung der Streuung der Schraubenkraft bei Montage	38
7.6	Innere Kräfte in Folgezuständen ($I = 1, 2, \dots$)	39
8	Belastungsgrenzen	40
8.1	Allgemeines	40
8.2	Schrauben	40
8.3	Dichtung	41
8.4	Integrierter Flansch und Bund/Bördel	41
8.5	Blindflansch	43
8.6	Looser Flansch mit Bund/Bördel	43
Anhang A (informativ) Maße für genormte metrische Schrauben		44
Anhang B (informativ) Anziehen der Schrauben		45
B.1	Streuung der Einbau-Schraubenkraft einer einzelnen Schraube — Richtwerte ε_{1-} und ε_{1+} für eine einzelne Schraube	45
B.2	Streuung der Gesamt-Schraubenkraft aller Schrauben	46
B.3	Unkontrolliertes Anziehen von Hand	46
B.4	Montage mittels Drehmomentschlüssel	46
B.5	Montage mittels Schraubenspannvorrichtung	48
Anhang C (informativ) Drehungen des Flansches		49
C.1	Allgemeines	49
C.2	Anwendung der Flanschdrehung	49
C.3	Berechnung der Flanschdrehung	49
Anhang D (informativ) Anwendung der Berechnungsmethode		51
D.1	Grundsatz der Berechnungsmethode	51
D.2	Mechanisches Modell	52
D.3	Erforderliche Prüfungen	53
D.4	Berechnungsschritte	54
Anhang E (informativ) Beispiele für Reibungskoeffizienten zwischen Dichtungs- und Flanschdichtfläche		56
Anhang F (normativ) Bestimmung von $\Delta_{eGC,I}$ auf der Grundlage eines gegebenen Kriechfaktors P_{QR}		57
F.1	Bestimmung der Durchbiegung während einer P_{QR} -Prüfung	57
F.2	Bestimmung der in der Berechnung zu berücksichtigenden Durchbiegung	58
Anhang G (informativ) Dichtungskennwerte, wenn keine Leckagerate festgelegt ist		59
Anhang H (informativ) Alternative Berechnung mit Berücksichtigung der plastischen Verformung der Dichtung in nachfolgenden Belastungszuständen (nach dem Montagezustand)		60
H.1	Einleitung	60
H.2	Durchführung der Berechnung	60
H.2.1	Allgemeine Beschreibung	60
H.2.2	Keine zusätzliche plastische Verformung	61
H.2.3	Zusätzliche plastische Verformung	61
H.3	Flachdichtungen	61
H.3.1	Flachdichtungen mit geringen oder mittleren Verformungen	61
H.3.2	Flachdichtungen mit größeren Verformungen	63
H.4	Metалldichtung mit gekrümmten Oberflächen (Bild 3b), c), e), f))	64
H.5	Metалldichtungen mit achteckigem Querschnitt (Bild 3d))	64

Anhang I (informativ) Verfügbare, noch unvollständige Modelle zur Umrechnung der Leckagerate für unterschiedliche Bedingungen (basierend auf bestimmten Strömungsmodellen)	65
I.1 Einleitung und Warnhinweis.....	65
I.2 Grundlagen der Strömungslehre	65
I.2.1 Transportarten	65
I.2.2 Gase	66
I.2.3 Flüssigkeiten: Parallelkapillarenmodell	67
I.3 Einflussfaktoren der Leckagerate von Dichtungen und Verbindungen mit Dichtungen	67
I.3.1 Liste der ermittelten Faktoren	67
I.3.2 Grenzen und Einschränkungen der vorgeschlagenen Modelle.....	67
I.3.3 Abhängigkeit vom Druck	68
I.3.4 Abhängigkeit von der Temperatur	69
I.3.5 Abhängigkeit von der Art des Mediums	70
I.3.6 Einfluss der Dichtungsdicke	70
I.3.7 Einfluss der Dichtungsbreite.....	71
I.3.8 Einfluss der Dichtungsspannung	71
I.3.9 Einfluss sonstiger Faktoren	72
I.3.10 Zusammenfassung zu den Einflussfaktoren	72
I.4 Praktische Anwendung für Berechnungen nach EN 1591-1	72
I.4.1 Allgemeines.....	72
I.4.2 Bestimmung einer Leckageraten-Tendenz für die Flanschverbindung bei „tatsächlichen“ Bedingungen anhand von „Bezugs“-Bedingungen.....	73
I.4.3 Bestimmung einer Leckageraten-Tendenz für die Flanschverbindung bei „Bezugs“-Bedingungen anhand von „tatsächlichen“ Bedingungen	74
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 97/23/EG	76
Literaturhinweise	77

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1591-1:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 74 „Flansche und Flanschverbindungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2014 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1591-1:2001+A1:2009.

Die hauptsächlichen Änderungen im Vergleich zur vorherigen Ausgabe beinhalten:

- Korrektur der Berechnung des Belastungsgrades für Blindflansche;
- Einführung von Abstandshaltern (Scheiben);
- Änderung der Berechnung des Belastungsgrades für Schrauben;
- Einführung von auf die Schraubverbindung wirkenden Querkräften und Torsionsmomenten;
- Einführung einer alternativen (genaueren) Berechnungsmethode für die Festlegung der effektiven Dichtungsweite (informativer Anhang);
- Einführung der Möglichkeit, das Kriech-/Relaxationsverhalten der Dichtung durch zusätzliche Durchbiegung zu erfassen;
- Einführung eines informativen Anhangs hinsichtlich der Umrechnung von Leckageraten;
- Einführung der Möglichkeit, die geschraubte Flanschverbindung hinsichtlich eines festgelegten Wertes für die Einbau-Schraubkraft zu prüfen;
- Einführung einer Möglichkeit eine Berechnung durchzuführen, selbst wenn keine Dichtheitsanforderungen durch grundlegende Dichtungskennwerte festgelegt sind (Anhang G).

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

EN 1591 besteht aus folgenden Teilen:

- EN 1591-1, *Flansche und Flanschverbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 1: Berechnung*
- EN 1591-2, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 2: Dichtungskennwerte*
- CEN/TS 1591-3, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 3: Berechnungsmethode für Flanschverbindungen mit Dichtungen im Kraft-Nebenschluss*
- EN 1591-4, *Flansche und ihre Verbindungen — Teil 4: Qualifizierung der Befähigung von Personal zur Montage von Schraubverbindungen in druckbeaufschlagten Systemen im kritischen Einsatz*
- CEN/TR 1591-5, *Flansche und Flanschverbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 5: Berechnungsmethode für Verbindungen mit vollflächiger Dichtung*

Die Berechnungsmethode erfüllt sowohl die Kriterien der Dichtheit als auch der Festigkeit. Betrachtet wird das Verhalten des Gesamtsystems Flansche/Schrauben/Dichtung. Die berücksichtigten Kennwerte sind nicht nur grundsätzlicher Art wie:

- Druck des Mediums;
- Festigkeitswerte der Flansch-, Schrauben- und Dichtungswerkstoffe;
- Faktoren der Dichtungspressung;
- Nenn-Schraubenkraft;

sondern auch:

- mögliche Streuung durch das Schrauben-Anziehverfahren;
- Änderungen der Dichtungskraft bei Verformung aller Teile der Flanschverbindung;
- Einfluss der angeschlossenen Schale oder des angeschlossenen Rohrs;
- Einfluss äußerer Axial- und Querkräfte sowie Torsions- und Biegemomente;
- Einfluss von Temperaturdifferenzen zwischen Schrauben und Flanschring.

Die Anwendung dieser Berechnungsmethode ist vor allem nützlich für Verbindungen, bei denen die Schraubenkraft während des Anziehens gemessen wird. Je größer hier die Genauigkeit ist, desto nutzbringender ist die Anwendung der Berechnungsmethode.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt eine Berechnungsmethode für Flanschverbindungen mit runden Flanschen, Schrauben und Dichtung fest. Sie hat den Zweck, die Festigkeit der Konstruktion sicherzustellen und die Dichtigkeit zu kontrollieren. Dafür werden Dichtungskennwerte angewendet, die auf Definitionen und Prüfverfahren nach EN 13555 beruhen.

Die Berechnungsmethode ist nicht anwendbar auf Flanschverbindungen mit einem metallischen Dichtflächenkontakt und auf Flanschverbindungen, deren Steifigkeit über die Dichtungsbreite stark schwankt. Bei Dichtungen in unelastischen Werkstoffen, die starke Verformungen zulassen, können die Ergebnisse nach dieser Berechnungsmethode übermäßig konservativ sein (d. h. erforderliche Schraubenkraft zu hoch, zulässiger Mediendruck zu gering, erforderliche Flanschdicke zu groß usw.).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13555:2004, *Flansche und ihre Verbindungen — Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen*

3 Nomenklatur

3.1 Anwendung der Bilder

Bild 1 bis Bild 14 veranschaulichen die Nomenklatur der geometrischen Kennwerte. Sie zeigen nur das Prinzip und legen nicht die Konstruktion fest. Es sind nicht alle möglichen Flanschtypen dargestellt, für die die Berechnungsmethode gilt.

ANMERKUNG Für genormte Flanschtypen, z. B. nach EN 1092 oder EN 1759, gelten die folgenden Bilder:

Typ 01	Bild 10
Typ 02	Bild 12
Typ 04	Bild 12
Typ 05	Bild 11
Typ 07	Bild 12
Typ 11	Bild 6
Typ 12	Bild 13
Typ 13	Bild 14
Typ 21	Bild 6 bis Bild 9

3.2 Indizes und Sonderzeichen

3.2.1 Indizes

<i>A</i>	zusätzlich (F_A, M_A)
<i>B</i>	Schraube
<i>C</i>	Kriechen der Dichtung (Δe_{Gc})
<i>D</i>	äquivalenter Zylinder (konischer Ansatz + angeschlossene Schale) zur Berechnung der Belastungsgrenze
<i>E</i>	äquivalenter Zylinder (konischer Ansatz + angeschlossene Schale) zur Berechnung der Nachgiebigkeit
<i>F</i>	Flansch
<i>G</i>	Dichtung
<i>H</i>	Ansatz
<i>I</i>	Kennzahl für den Belastungszustand (mit den Werten 0, 1, 2 ...)
<i>L</i>	loser Flansch, quer (F_{LI})
<i>M</i>	Moment
<i>N</i>	Mutter
<i>P</i>	Mediendruck
<i>Q</i>	resultierende axiale Kraft durch Druck
<i>R</i>	resultierende axiale Kraft durch äußere Kraft
<i>S</i>	Schale, Scherbeanspruchung
<i>T</i>	Schale, modifiziert
<i>TG</i>	Torsion (M_{TG})
<i>X</i>	schwächster Flanschquerschnitt
<i>W</i>	Scheibe
Δ	Änderung oder Unterschied/Differenz
<i>av</i>	Mittelwert
<i>c</i>	berechnet
<i>d</i>	Auslegungswert, Berechnungswert
<i>e</i>	effektiv
<i>i</i>	Zwischenwert

max	Maximum, Höchstwert
min	Minimum, Mindestwert
nom	Nennwert
opt	optimal
req	erforderlich
s	Schaft (glatter Teil der Schraube)
specified	verweist auf den Fall der Berechnung, die für eine gegebene (festgelegte) Einbau-Schraubenkraft durchgeführt wurde
t	theoretisch, Drehmoment, Gewinde
0	Einbauzustand ($I = 0$, siehe Index I)

3.2.2 Sonderzeichen

$\sim$	Zeichen, das über den Formelzeichen für die Flanschennwerte steht und sich auf den zweiten Flansch der Verbindung bezieht, der sich möglicherweise vom ersten Flansch unterscheidet
--------	---

3.3 Formelzeichen

Wo Einheiten verwendet werden, sind diese in eckigen Klammern angegeben. Wo keine Einheiten verwendet werden, ist nichts angegeben.

A_B	effektive Gesamtquerschnittsfläche aller Schrauben [mm ²], Formel (41)
A_F, A_L	radiale Gesamtquerschnittsfläche des Flanschrings (einschließlich Schraubenlöcher), losen Flansches [mm ²], Formel (10), Formel (13) und Formel (16)
A_{Ge}, A_{Gt}	Fläche der Dichtung, effektiv, theoretisch [mm ²], Formel (56), Formel (53)
A_Q	effektive Fläche für die axiale Kraft des Mediendrucks [mm ²], Formel (90)
E_B, E_F, E_L, E_W	Elastizitätsmodul des mit dem entsprechenden Index bezeichneten Teils, bei der Temperatur des Teils [MPa]
E_G	Elastizitätsmodul der Dichtung für Entlastung/Wiederbelastung bei der betrachteten Temperatur unter Berücksichtigung der gepressten Einbaudicke [MPa]
F_A	äußere axiale Zusatzkraft [N], Zugkraft > 0, Druckkraft < 0, siehe Bild 1, Formel (92) und Formel (96)
F_B	Schraubenkraft (Summe aller Schrauben) [N]
F_G	Dichtungskraft [N]
$F_{G\Delta}$	Minstdichtungskraft [N] im Montagezustand, die nach allen Lastwechseln bei Folgezuständen die erforderliche Dichtungskraft sicherstellt, Formel (105), Formel (106)

F_L	aus den radialen Zusatzkräften resultierende Querkraft [N], Formel (93) und Formel (104)
F_Q	axiale Kraft des Mediendrucks [N], Formel (91)
F_R	aus den äußeren Zusatzbelastungen resultierende Kraft [N], Formel (96)
F_X, F_Y, F_Z	Zusatzkräfte auf der X-, Y- und Z-Achse an der Dichtungsschnittstelle [N], Formel (92) und Formel (93)
I	Nummer des Belastungszustands, Montagezustand: $I = 0$, Folgezustände: $I = 1, 2, 3, \dots$
M_A	resultierendes äußeres Zusatzbiegemoment [$N \times mm$], Bild 1, Formel (94) und Formel (104)
M_t	Schrauben-Drehmoment [$N \times mm$], Formel (B.4)
$M_{t,B}$	Torsionsmoment [$N \times mm$] am Schraubenschaft infolge der Montage der Schraubenverbindung mit Drehmoment M_t , Formel (B.9)
M_{TG}	externes Zusatztorsionsmoment infolge von Reibung, Formel (95) und Formel (104)
N_R	Anzahl der Montage- und Nachziehvorgänge während der Lebensdauer einer Verbindung, Formel (119), Formel (2)
P	Mediendruck [MPa], Innendruck > 0 , Außendruck < 0 (1 bar = 0,1 MPa), Formel (91)
ANMERKUNG	P entspricht in dieser Norm dem maximal zulässigen Druck PS nach der DGRL.
P_{QR}	Kriechfaktor als Verhältnis von Rest- und ursprünglicher Dichtungsflächenpressung unter Belastung [-] (Anhang F)
Q_G	mittlere effektive Druckspannung der Dichtung [MPa], $Q_G = F_G/A_{Ge}$ (57)
Q_A	Dichtungsflächenpressung im Montagezustand vor Entlastung, der für die Gültigkeit der entsprechenden $Q_{smin(L)}$ bei allen Folgezuständen erforderlich ist [MPa], Formel (103). Der niedrigste zulässige Wert für Q_A ist $Q_{min(L)}$ aus EN 13555.
$Q_{0,min}$	erforderliche Dichtungsflächenpressung bei Montage vor der Entlastung, wenn keine spezielle Leckagerate gefordert wird [MPa], Ersatz für Q_A in Formel (103), Anhang G
$Q_{min(L)}$	erforderliche Mindest-Dichtungsflächenpressung für Dichtheitsklasse L bei der Montage (auf der effektiven Dichtungsfläche) aus den Prüfergebnissen nach EN 13555 [MPa] (siehe 7.4.2, Anmerkung 1)
$Q_{smin(L)}$	erforderliche Mindest-Dichtungsflächenpressung für Dichtheitsklasse L im Betriebszustand (auf der effektiven Dichtungsfläche) aus den Prüfergebnissen nach EN 13555 [MPa], Formel (104)
Q_{smax}	maximale Dichtungsflächenpressung, die sicher und ohne Beschädigung bei der betrachteten Temperatur auf die Dichtung aufgebracht werden kann [MPa], Formel (65), Formel (70), Formel (75) und Formel (128)

T_B, T_F, T_G, T_L, T_W	Temperatur (Mittelwert) des durch den Index bezeichneten Bauteils [°C] oder [K], Formel (97)
T_0	Temperatur der Verbindung im Montagezustand [°C] oder [K] (üblicherweise +20 °C), Formel (97)
U^T	axiale Verschiebung infolge von Temperatureinwirkungen [mm]; ΔU^T nach Formel (97)
W_F, W_L, W_X	Widerstand des durch den Index bezeichneten Bauteils und/oder Querschnitts [N × mm], Formel (130), Formel (146), Formel (150), Formel (148)
X_B, X_G, X_W	axialer Elastizitätsmodul von Schrauben, Dichtung, Scheibe [1/mm], Formel (42), Formel (63), Formel (43), Formel (49), Formel (50)
Y_B, Y_G, Y_Q, Y_R	axiale Nachgiebigkeit der verschraubten Flanschverbindung, bezogen auf F_B, F_G, F_Q, F_R [mm/N], Formel (99), Formel (100), Formel (101), Formel (102)
Z_F, Z_L	Elastizitätsmodul der Drehung des Flansches, losen Flansches [mm ⁻³], Formel (34), Formel (38), Formel (35), Formel (39), Formel (40)
b_0	Breite der Anfasung (oder Abrundung) eines losen Flansches, sodass $d_{7min} = d_6 + 2 \times b_0$ [mm], Bild 12, Formel (85)
b_F, b_L	effektive Breite des Flansches, losen Flansches [mm], Formel (7) bis Formel (14)
b_{Gi}, b_{Ge}, b_{Gt}	Interimbreite, effektive, theoretische Breite der Dichtung (radial) [mm], Formel (51), Formel (55), Formel (64), Formel (65), Formel (69), Formel (70), Formel (72), Formel (74) und Formel (75)
b_{KB}	Kontaktbreite Schraubenseite [mm], Formel (48)
b_W	Breite einer Scheibe [mm], Formel (44)
c_A, c_B, c_F, c_M, c_S	Korrekturfaktoren [-], Formel (123) bis Formel (127) sowie Formel (28), Formel (134), Formel (135)
d_0	Innendurchmesser des Flanschrings [mm] und auch Außendurchmesser des Blindflansch-Mittelteils (mit Dicke e_0), in keinem Fall größer als der Innendurchmesser der Dichtung [mm], Bild 6 bis Bild 14
d_1	mittlerer Durchmesser des Ansatzes am dünnen Ende [mm], Bild 6, Bild 7, Bild 13 und Bild 14
d_2	mittlerer Durchmesser des Ansatzes am dicken Ende [mm], Bild 6, Bild 7, Bild 13 und Bild 14
d_3, d_{3e}	tatsächlicher, effektiver Lochkreisdurchmesser [mm], Bild 6 bis Bild 14, Formel (6)
d_4	Außendurchmesser des Flansches [mm], Bild 6 bis Bild 14
d_5, d_{5t}, d_{5e}	Durchmesser des Schraubenlochs, Durchgang, geschlossen, effektiv [mm], Bild 6 bis Bild 14, Formel (4), Formel (5)

d_6	Innendurchmesser des losen Flansches [mm], Bild 12, Bild 14
d_7	Durchmesser an der Stelle der Kraftübertragung zwischen losem Flansch und Bund oder Bördel [mm], Bild 1, Formel (61) und Formel (84) bis Formel (89)
d_8	Außendurchmesser von Bund oder Bördel [mm], Bild 12
d_9	Durchmesser eines mittigen Lochs in einem Blindflansch [mm], Bild 11
d_{B0}, d_{Be}, d_{Bs}	Schraubendurchmesser: Nenndurchmesser, effektiver Durchmesser, Schaftdurchmesser [mm], Bild 3, Tabelle A.1
d_{B2}, d_{B3}	Flankendurchmesser, kleinerer Durchmesser des Gewindes [mm], siehe Bild 3
d_{B4}	maximal möglicher Außenkontaktdurchmesser zwischen Schraubenkopf bzw. Mutter und Flansch bzw. Scheibe [mm], Formel (47)
d_{Gi}, d_{Ge}, d_{Gt}	Interimdurchmesser, effektiver, theoretischer Durchmesser der Dichtung [mm], Bild 4, Formel (56), Tabelle 1
d_{K1}, d_{K2}	äußerste Kontaktdurchmesser (innen, außen) [mm], Formel (46) und Formel (47)
d_{G0}, d_{G1}, d_{G2}	tatsächlicher Kontaktdurchmesser, theoretischer Innenkontaktdurchmesser, theoretischer Außenkontaktdurchmesser [mm], Bild 4
$d_E, d_F, d_L, d_S, d_X, d_W$	mittlerer Durchmesser des durch den Index bezeichneten Teils oder Querschnitts [mm], Bild 1 und Bild 6 bis Bild 14
d_{W1}, d_{W2}	Innen-, Außendurchmesser der Scheibe [mm], Bild 1, Bild 2
e_0	Wanddicke der Mittelplatte des Blindflansches innerhalb von d_0 [mm], Bild 11
e_1	Mindestwanddicke am dünnen Ende des Ansatzes [mm], Bild 6, Bild 7, Bild 13, Bild 14
e_2	Wanddicke am dicken Ende des Ansatzes [mm], Bild 6, Bild 7, Bild 13, Bild 14
e_D, e_E	Wanddicke des äquivalenten Zylinders für die Berechnung der Belastungsgrenzen, für Berechnungen der Nachgiebigkeit [mm], Formel (17) und Formel (18)
e_F, e_L	effektive axiale Dicke des Flansches, losen Flansches [mm], Formel (10), Formel (13) und Formel (16)
e_{Fb}	Dicke des Flanschrings am Durchmesser d_3 (Schraubenposition) [mm], Formel (5)
e_{Ft}	Dicke des Flanschrings am Durchmesser d_{Ge} (Angriffspunkt der Dichtungskraft), relevant für thermische Ausdehnung [mm], Formel (98)
$e_G(Q_{G0})$	gepresste Dichtungsdicke im Einbauzustand bei Anpressdruck Q_{G0} [mm], Formel (106), Formel (121) aus den Prüfungen nach EN 13555
$e_{G(A)}$	gepresste Dichtungsdicke nach allen Situationen (einschließlich plastischer Verformung) [mm], Formel (106), Formel (121) und Anhang H

e_{Gt}	theoretische nicht gepresste Dichtungsdicke im Einbauzustand [mm]
e_P, e_Q	Teildicke des Flansches mit (e_P), ohne (e_Q) radiale Druckbelastung [mm], Bild 6 bis Bild 14, sodass $e_P + e_Q = e_F$
e_S	Dicke der angeschlossenen Schale [mm], Bild 6 bis Bild 10, Bild 12 bis Bild 14
e_W	Dicke der Scheibe [mm], Bild 1, Bild 2
e_X	Flanschdicke am schwachen Querschnitt [mm], Bild 11
$f_B, f_E, f_F, f_L, f_S, f_W$	Nenn-Berechnungsspannung [MPa] des durch den jeweiligen Index bezeichneten Teils bei Berechnungstemperatur [°C] oder [K], entsprechend der Definition und Verwendung in den Druckbehältervorschriften (siehe Formel (123), Formel (127), Formeln (130) bis (133), Formel (140), Formel (145), Formel (146), Formel (148), Formel (150), Formel (151))
h_G, h_H, h_L	Hebelarme [mm], Bild 1, Formel (81) bis Formel (83) und Formel (87) bis Formel (89)
h_P, h_Q, h_R, h_S, h_T	Hebelarm-Korrekturen [mm], Formel (77), Formeln (79) und (80), Formeln (31) und (37), Formel (29), Formel (30)
j_M, j_S	Vorzeichenzahl für Moment, Scherkraft (+1 oder 1), Formel (136) und Formel (137)
k_Q, k_R, k_M, k_S	Korrekturfaktoren, Formel (32), Formel (33), Formel (138), Formel (139)
l_B, l_S	Axialmaße der Schrauben [mm], Bild 2, Formel (98) und Formel (42)
l_e	$l_e = l_B - l_S$
l_H	Länge des Ansatzes [mm], Bild 6, Bild 7, Bild 13, Bild 14, Formel (17), Formel (18)
m	Dichtheitsfaktor für Folgezustände ($I > 0$) [–], (Anhang G)
n_B	Anzahl der Schrauben, Formel (3), Formel (6), Formel (41), Formel (42)
p_B	Abstand zwischen Schrauben [mm], Formel (3)
p_t	Gewindesteigung [mm], Tabelle A.1
r_0, r_1	Radien [mm], Bild 6, Bild 12
r_2	Krümmungsradius im Dichtungsquerschnitt [mm], Bild 4
ΔU^T	differentielle thermische axiale Ausdehnung [mm] (Formel 97)
Δe_{Gc}	zusätzliche Durchbiegung der Dichtung infolge von Kriechen, definierbar aus dem Wert von P_{QR} nach dem in Anhang F erläuterten Verfahren (Formel F.3). Ist gleich 0, wenn kein Kriechen der Dichtung berücksichtigt wird, Formel (105), Formel (106), Formel (120) und Formel (121)
θ_F, θ_L	Drehung des Flansches, losen Flansches durch das einwirkende Moment [rad], Anhang C

ψ	Belastungsgrad des Flanschrings aufgrund von Radialkräften, Formel (140)
ψ_Z	spezieller Wert für ψ , Formel (130), Tabelle 2
$\Phi_B, \Phi_F, \Phi_G, \Phi_L, \Phi_X$	Belastungsgrad des durch den jeweiligen Index bezeichneten Bauteils und/oder Querschnitts, für alle Zustände zu berechnen, Formel (123), Formel (129), Formel (145), Formel (151), Formel (128), Formel (149), Formel (147)
$\alpha_B, \alpha_F, \alpha_G, \alpha_L, \alpha_W$	Wärmeausdehnungskoeffizient des durch den jeweiligen Index bezeichneten Teils, Mittelwertbildung aus T_0 und $T_B, T_F, T_G, T_L, T_S, T_W$ [K^{-1}], Formel (97)
$\beta, \gamma, \delta, \nu, \kappa, \lambda, x$	Hilfsvariablen, Formel (19), Formeln (25) bis (27), Formel (62), Formel (132), Formel (133)
$\varepsilon_{1+}, \varepsilon_{1-}$	Streuwert der Einbau-Schraubenkraft, bezogen auf eine einzelne Schraube, oberhalb des Nennwerts, unterhalb des Nennwerts, Anhang B
$\varepsilon_+, \varepsilon_-$	Streuwert der gesamten Belastung aller Schrauben, oberhalb des Nennwerts, unterhalb des Nennwerts, Anhang B
μ	Reibungsfaktor für das Verschrauben, siehe Anhang B
μ_G	Reibungsfaktor zwischen Dichtung und Flanschdichtfläche, Tabelle (E.1) und Formel (104)
π	numerische Konstante ($\pi = 3,141593$)
ρ	Durchmesserverhältnis nach Formel (36)
φ_G	Neigungswinkel einer Dichtfläche [rad oder deg], Bild 4, Tabelle 1
φ_S	Neigungswinkel einer angeschlossenen Schalenwand [rad oder deg], Bild 8, Bild 9

3.4 Terminologie

3.4.1 Flansche

integrierter Flansch:	Flansch, der mit der Schale entweder verschweißt ist (z. B. Vorschweißflansche — siehe Bild 6 bis Bild 9, oder Überschieb-Schweißflansche mit Ansatz — siehe Bild 10 und Bild 13) oder an die Schale angegossen ist (Integralflansche, Typ 21)
Blindflansch:	ebene Platte, siehe Bild 11
loser Flansch:	separater Flansching, der an Bund oder Bördel anliegt, siehe Bild 12
Ansatz:	axiale Erweiterung des Flanschrings, verbindet üblicherweise den Flansching mit der Schale, siehe Bild 6 und Bild 7
Bund oder Bördel:	Anlagefläche für losen Flansch, siehe Bild 12

3.4.2 Belastungen

äußere Belastungen:	Kräfte und/oder Momente, die durch angeschlossene Teile auf die Verbindung wirken, z. B. Masse und Wärmeausdehnung der Rohre
---------------------	--

3.4.3 Belastungszustände

Belastungszustand: Zustand bei festgelegten, gleichzeitig wirkenden Belastungen, bezeichnet durch I ;

Montagezustand: Belastungszustand aufgrund des erstmaligen Anziehens der Schrauben (Einbau, Montage), 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 (axial): Symbol Y , [mm/N]

Elastizitätsmodul: Reziprokwert des Steifigkeitsmoduls, ohne elastische Konstanten des Werkstoffs:

— axial: Symbol X , [1/mm]

— bei Drehung: Symbol Z , [1/mm³]

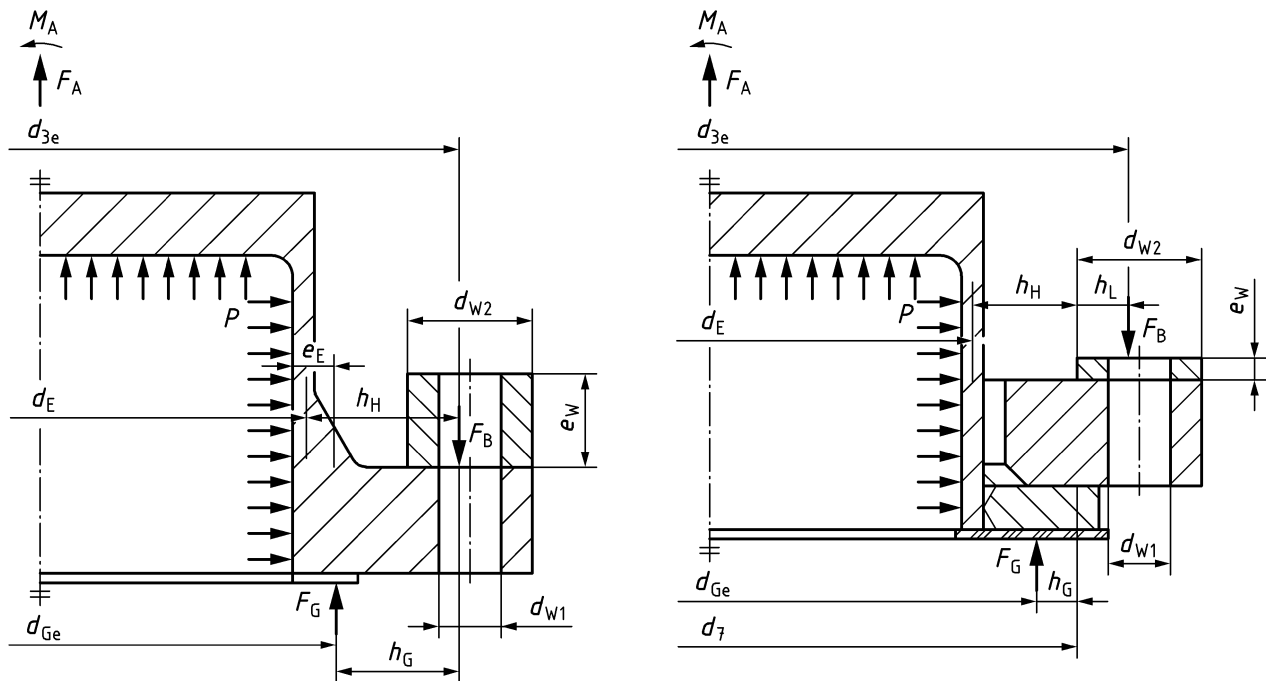


Bild 1 — Belastungen und Hebelarme

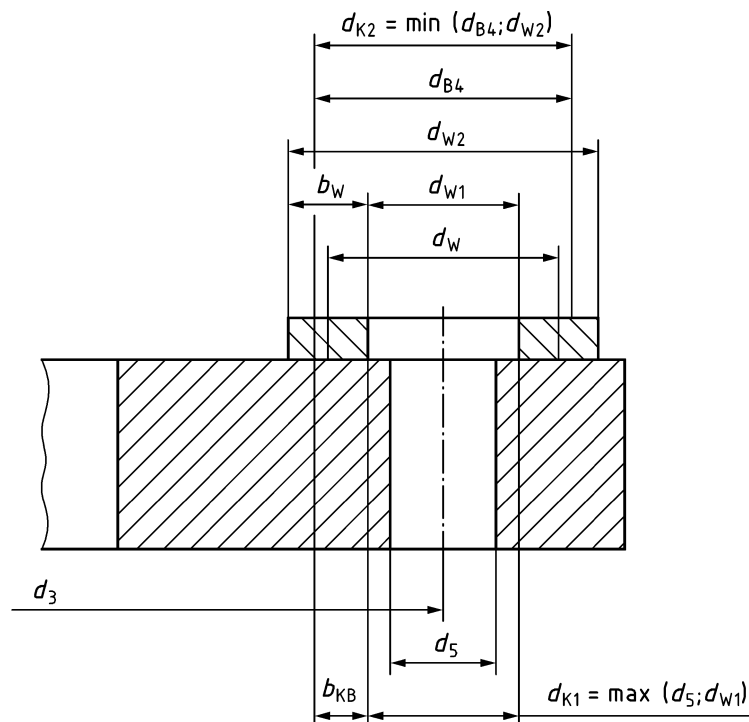
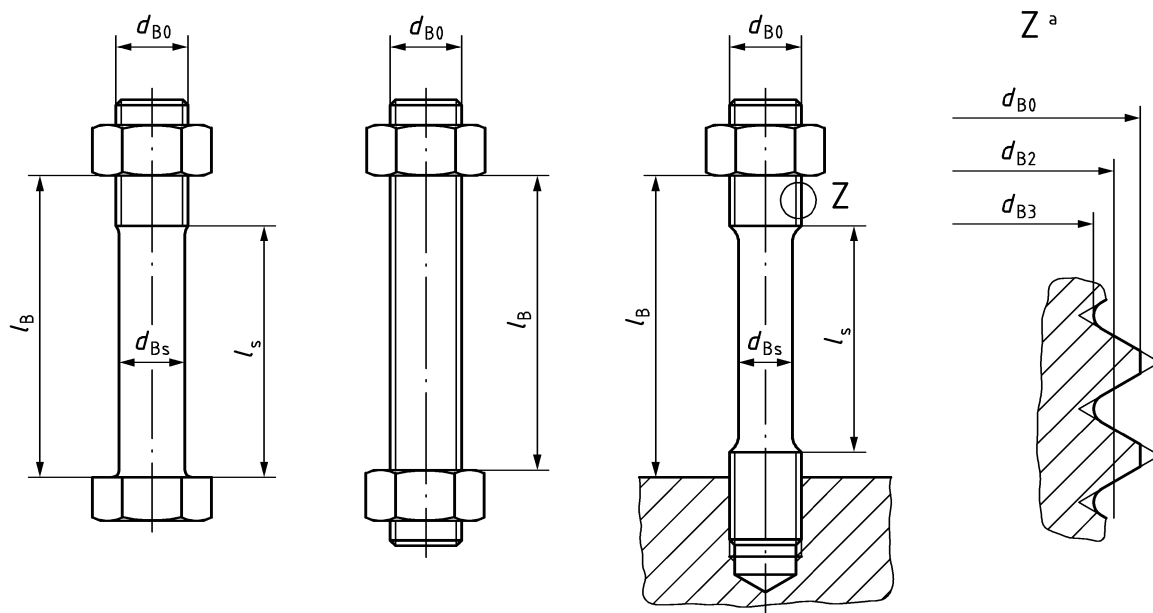


Bild 2 — Scheibe



$$l_e = l_B - l_s$$

Bild 3 — Schrauben

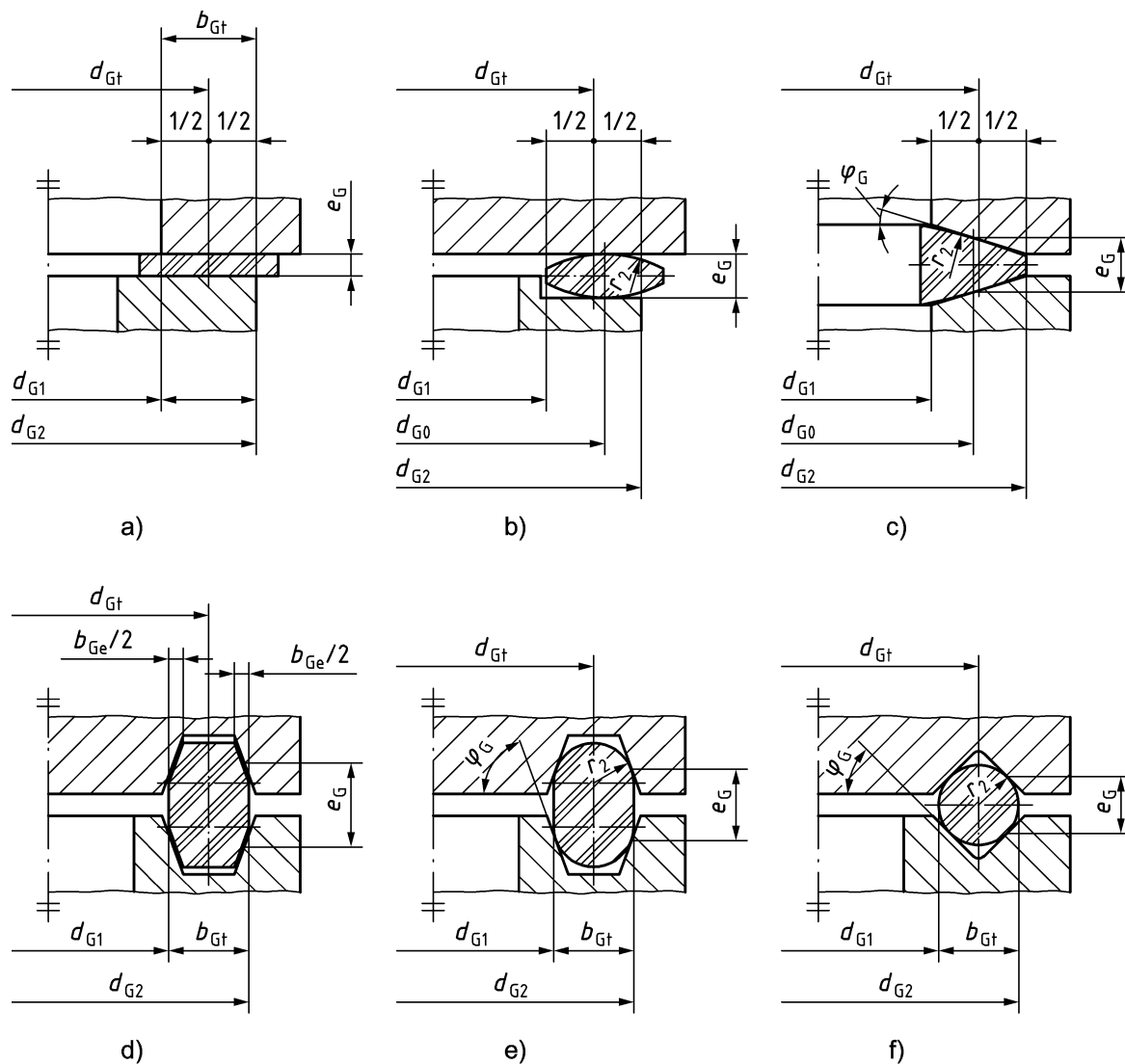
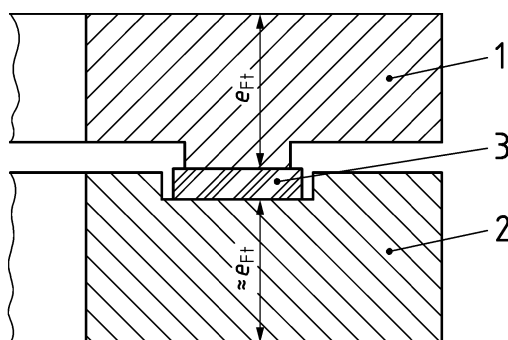


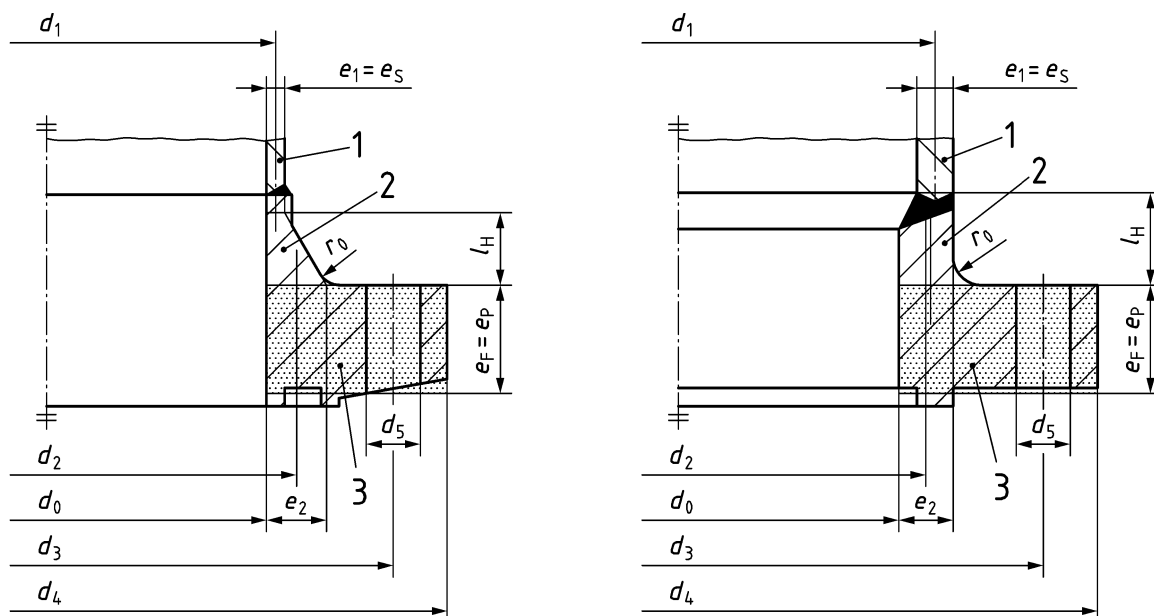
Bild 4 — Dichtungen



Legende

- 1 Flansch mit Vorsprung (Feder)
- 2 Flansch mit Rücksprung (Nut)
- 3 Dichtung

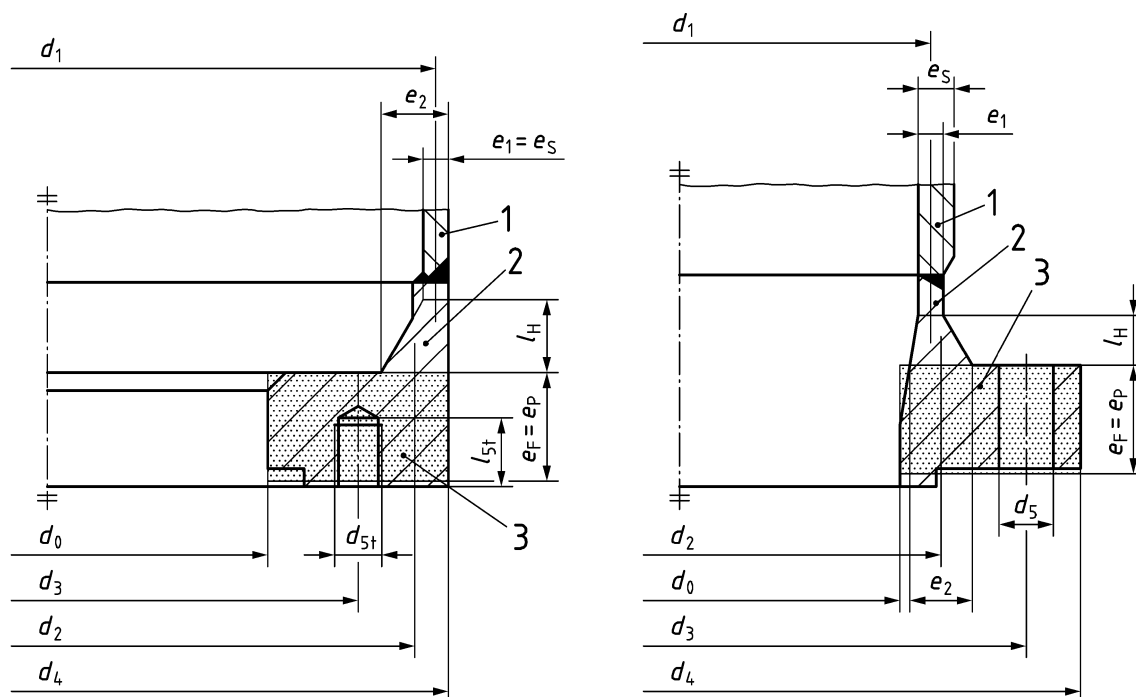
Bild 5 — Einzelheiten für Feder- und Nutdichtflächen



Legende

- 1 Schale
- 2 Ansatz
- 3 Ring

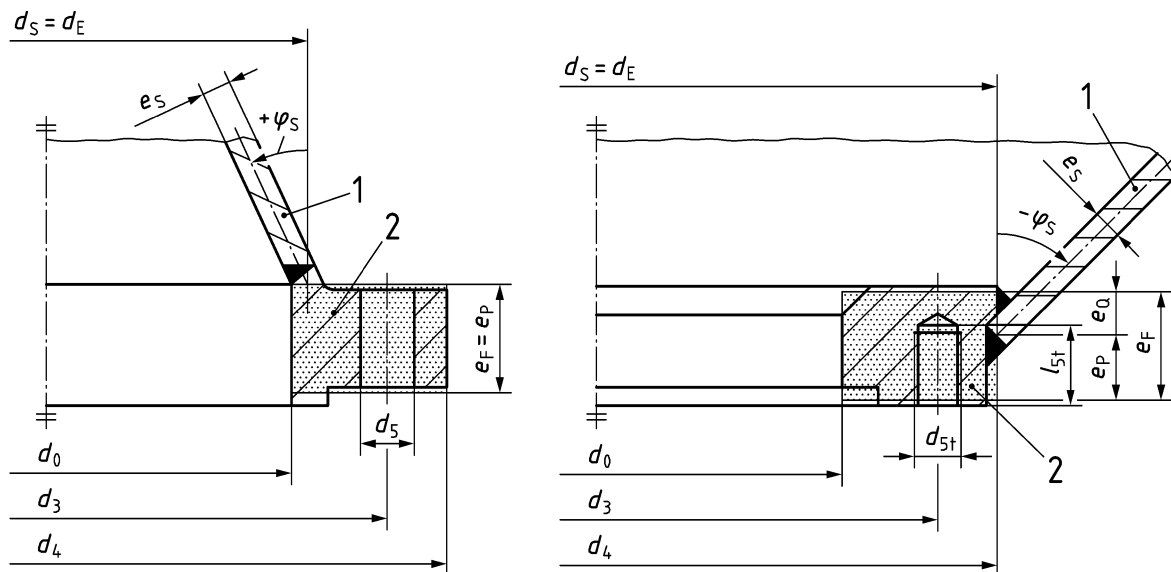
Bild 6 — Vorschweißflansche mit Zylinderschalen (Beispiel 1)



Legende

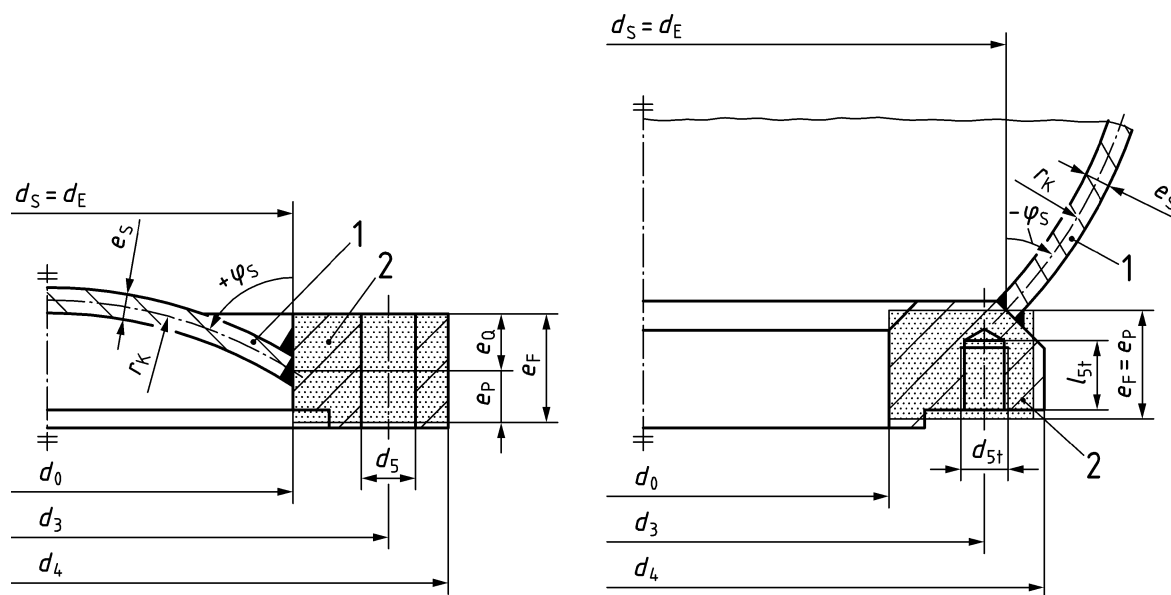
- 1 Schale
- 2 Ansatz
- 3 Ring

Bild 7 — Vorschweißflansche mit Zylinderschalen (Beispiel 2)



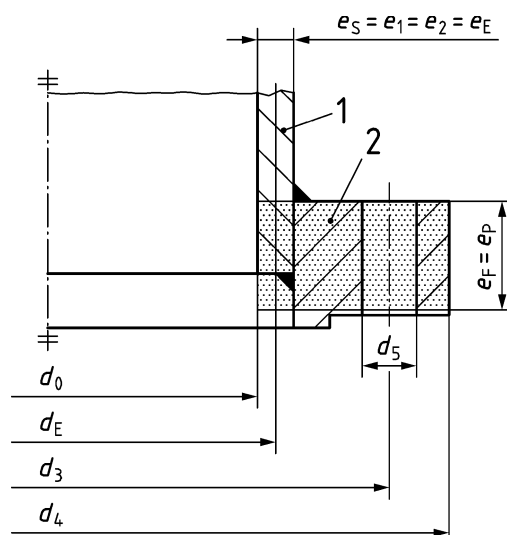
Legende
1 Schale
2 Ring

Bild 8 — An Kegelschalen angeschweißte Flansche



Legende
1 Schale
2 Ring

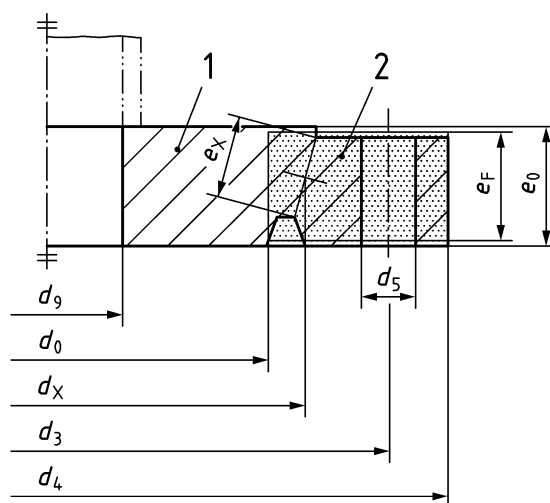
Bild 9 — An Kugelschalen angeschweißte Flansche



Legende

- 1 Schale
- 2 Ring

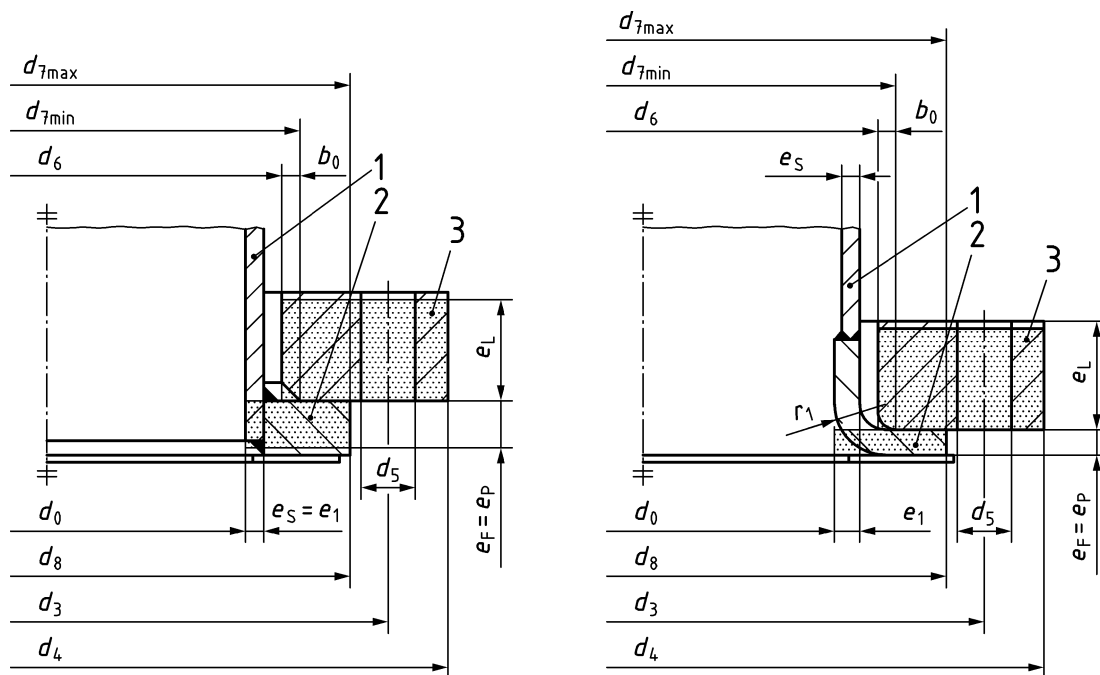
Bild 10 — Glatte Anschweißflansch



Legende

- 1 Platte
- 2 Ring

Bild 11 — Blindflansch



Legende

- 1 Schale
- 2 Bund/Bördel
- 3 loser Flansch

Bild 12 — Lose Flansche mit Bund oder Bördel

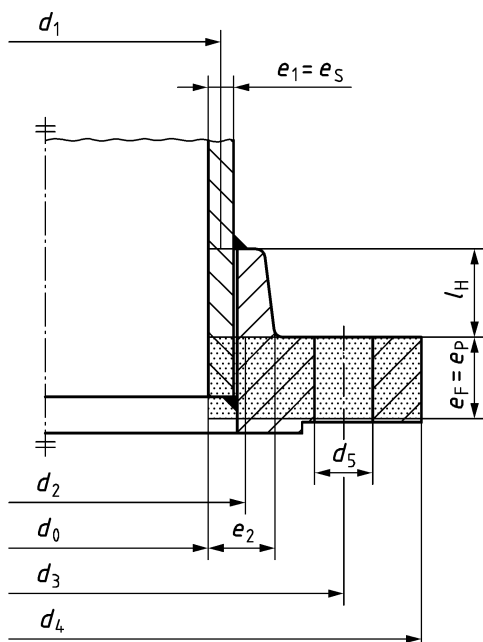


Bild 13 — Überschieb-Schweißflansch mit Ansatz

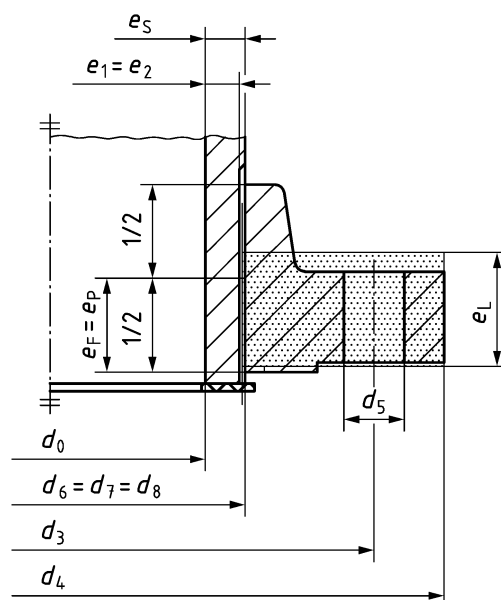


Bild 14 — Gewindeflansch mit Ansatz

4 Anforderungen an die Anwendung der Berechnungsmethode

4.1 Allgemeines

Die Berechnungsmethode bietet, sofern zulässig, eine Alternative zum Nachweis der Gültigkeit der Auslegung mit anderen Mitteln, z. B.:

- besondere Prüfung;
- bewährte Praxis;
- Verwendung genormter Flansche unter zulässigen Bedingungen.

Die Berechnungsmethode kann auch dazu genutzt werden, das Verhalten und die Zulässigkeit einer verschraubten Flanschverbindung für eine bestimmte Einbauschraubenkraft einzuschätzen (siehe Abschnitt 5).

4.2 Geometrie

Die Berechnungsmethode ist anwendbar bei Konfigurationen mit:

- a) Flanschen, deren Querschnitt angegeben oder auf die in Bild 6 bis Bild 14 dargestellten Flansche zurückzuführen ist;
- b) vier oder mehr gleichmäßig verteilten identischen Schrauben;
- c) Dichtung, deren Querschnitt und Einbaulage unter Belastung durch eine der Konstruktionen in Bild 4 und Bild 5 dargestellt werden kann;
- d) Flanschmaßen, die folgende Bedingungen erfüllen:

$$1) \quad 0,2 \leq b_F / e_F \leq 5,0; 0,2 \leq b_L / e_L \leq 5,0 ;$$

$$2) \quad \cos \varphi \geq 1 / (1 + 0,01 \frac{d_S}{e_S}).$$

ANMERKUNG 1 Zur Bedeutung der Formelzeichen siehe Abschnitt 3.

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

Wurden die Auswirkungen von Korrosion in der Auslegung berücksichtigt, sollten diese Zuschläge bei der Berechnung der mit dem Medium in Kontakt stehenden Fläche wieder abgezogen werden. Bei Minustoleranzen sollten andere Regelwerke berücksichtigt werden, zum Beispiel EN 13445 und EN 13480.

Die folgenden Konfigurationen liegen außerhalb des Anwendungsbereiches der Berechnungsmethode:

- Flansche mit im Wesentlichen nicht axialsymmetrischer Geometrie, z. B. geteilte lose Flansche, mit Stegen verstärkte Flansche;
- Flanschverbindungen, bei denen die Flansche direkten oder indirekten metallischen Kontakt zueinander innerhalb und/oder außerhalb der Dichtung, innerhalb und/oder außerhalb des Lochkreisdurchmessers haben.