

DIN EN 1591-1

ICS 23.040.60

Ersatz für
DIN EN 1591-1:2009-10

**Flansche und Flanschverbindungen –
Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden
Flanschen und Dichtung –
Teil 1: Berechnungsmethode;
Deutsche Fassung EN 1591-1:2001+A1:2009+AC:2011**

Flanges and their joints –
Design rules for gasketed circular flange connections –
Part 1: Calculation method;
German version EN 1591-1:2001+A1:2009+AC:2011

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+A1:2009+AC:2011

Gesamtumfang 60 Seiten

Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1591-1:2001) mit der Änderung A1:2009 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 74 „Flansche und ihre Verbindungen“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) erarbeitet.

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

Dieses Dokument enthält Änderungen zu EN 1591-1:2001, die für die Anpassung der Norm an 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“ erforderlich sind und am 7. Februar 2009 vom CEN angenommen wurde.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1591-1:2001-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderungen im Vorwort;
- b) Änderungen im Abschnitt 1: Anwendungsbereich;
- c) Änderungen im Abschnitt 2: Normative Verweisungen;
- d) Änderungen im Abschnitt 3: Nomenklatur;
- e) Änderungen in den Abschnitten 4.3, 4.3.3, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 6.3, Anhang A, Anhang C;
- f) ein neuer Anhang H „Verwendung des früheren Kriechfaktors g_C “ wurde aufgenommen;
- g) Änderungen im Anhang ZA;
- h) Änderungen im Abschnitt: Literaturhinweise.

Gegenüber DIN EN 1591-1:2009-10 wurden aufgrund der europäischen Berichtigung EN 1591-1:2001+A1:2009/AC:2011 folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) Korrektur von Formelzeichen, Symbolen und Gleichungen in Abschnitt 3, Abschnitt 4, Abschnitt 5, Abschnitt 6 und Anhang E; die Korrekturen sind im Text mit AC ... AC gekennzeichnet.

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

Deutsche Fassung

**Flansche und ihre Flanschverbindungen —
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 vom CEN am 8. März 2001 angenommen und schließt Änderung 1, die am 7. Februar 2009 vom CEN angenommen wurde. Die Berichtigung AC trat am 13. April 2011 in Kraft.

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 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, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	6
1.1 Allgemeines	6
1.2 Anforderung für die Anwendung dieser Berechnungsmethode	6
1.3 Gültigkeit	6
2 Normative Verweisungen	9
3 Nomenklatur	9
3.1 Anwendung der Bilder	9
3.2 Indizes und Sonderzeichen	10
3.3 Formelzeichen	11
3.4 Terminologie	15
4 Berechnungsparameter	24
4.1 Flansch-Parameter	24
4.2 Schrauben-Parameter	28
4.3 Dichtungs-Parameter	28
5 Interne Kräfte (in der Verbindung)	31
5.1 Belastungen	31
5.2 Nachgiebigkeit der Verbindung	32
5.3 Erforderliche Mindestkräfte für die Dichtung	33
5.4 Interne Kräfte im Montagezustand ($I = 0$)	33
5.5 Interne Kräfte in Folgezuständen ($I = 1, 2 \dots$)	35
6 Überprüfung der zulässigen Belastungsgrenzen	36
6.1 Allgemeines	36
6.2 Schrauben	37
6.3 Dichtung	37
6.4 Integrierter Flansch, Bund oder Bördel	38
6.5 Blindflansch	39
6.6 Loser Flansch mit Bund oder Bördel	40
Anhang A (informativ) Anforderung für die Begrenzung der Ungleichmäßigkeit der Dichtungsspannung	41
Anhang B (informativ) Maße für genormte metrische Schrauben	42
Anhang C (informativ) Streubereich der Schrauben-Anziehverfahren	43
Anhang D (informativ) Montage mittels Drehmomentschlüssel	44
Anhang E (informativ) Drehungen des Flansches	46
E.1 Allgemeines	46
E.2 Anwendung der Flanschdrehung	46
E.3 Berechnung der Flanschdrehung	46
Anhang F (informativ) Flussdiagramm für die Berechnungsmethode	48
Anhang G (informativ) Verbindungen mit Kontakt zwischen Flanschen und Dichtungsstützring	50
G.1 Einleitung	50
G.2 Verhalten von Dichtungen mit Kontakt zwischen Flanschen und Dichtungsstützring	50
G.3 Vereinfachte Behandlung	51
Anhang H (normativ) Verwendung des früheren Kriechfaktors g_C	56
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 97/23/EG	57
Literaturhinweise	58

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1591-1:2001+A1:2009) 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 September 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2009 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument schließt die Änderung 1 ein, die am 2009-02-07 vom CEN angenommen wurde.

Dieses Dokument ersetzt EN 1591-1:2001.

Anfang und Ende der auf Änderung 1 basierenden neuen bzw. geänderten Texte sind in der Norm mit diesen Markierungen gekennzeichnet: A1 A1.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben. 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.

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

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*
- A1 EN 1591-2 A1, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 2: Dichtungskennwerte*

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

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

sondern auch:

- mögliche Streuung beim Schrauben-Anziehverfahren;
- Änderungen der Dichtungskraft bei Verformung aller Teile 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 Funktionsfähigkeit der Dichtung beruht auf der Elastizitätsanalyse des Verhältnisses Belastung/Verformung zwischen allen Teilen der Flanschverbindung, gegebenenfalls korrigiert um das plastische Verhalten des Dichtungswerkstoffes. Die Berechnung der mechanischen Festigkeit beruht auf Analyse der (plastischen) zulässigen Verformung der Kombination Flansch-Schale. Sowohl innere als auch äußere Belastungen werden berücksichtigt. Die berücksichtigten Belastungszustände sind Montagezustand, hydrostatische Prüfung und alle nachfolgenden Betriebszustände. Die Berechnungsschritte sind im Allgemeinen wie folgt:

- 1) Zunächst wird die erforderliche Mindestschraubenkraft im Montagezustand bestimmt, so dass in jedem nachfolgenden Belastungszustand die Restkraft auf die Dichtung nie kleiner als die für die Dichtung erforderliche mittlere Mindestkraft ist (Werte der Dichtungsdaten, z. B. nach [A1](#) EN 1591-2 [A1](#)). Die Bestimmung dieser Schraubenkraft erfolgt iterativ, da sie von der effektiven Dichtungsbreite abhängt, die wiederum von der Schraubenkraft abhängig ist.
- 2) Dann werden die inneren Kräfte, die aus den ausgewählten Werten der Anfangs-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 Montageverfahren erreicht werden kann.
 - Prüf- und Betriebszustände: Prüfung auf Einhaltung der erforderlichen Mindestkräfte, um sicherzustellen, dass die Verbindung diese Mindestkräfte, abgesehen von örtlich begrenzten Stellen, ohne Verziehen aufnimmt. Höhere tatsächliche Anfangs-Schraubenkräfte führen zu (begrenzter) plastischer Verformung in Folgezuständen (Prüfzustand, Betriebszustand). Die so festgelegten Prüfungen stellen jedoch sicher, dass diese Verformungen die Schraubenkräfte nicht auf einen Wert unterhalb der Mindestkraft reduzieren.

Bei Bedarf können die Flanschdrehungen bei allen Lastzuständen nach Anhang E geschätzt und die erzielten Werte mit möglicherweise geltenden Anwendungsgrenzen von Dichtungen verglichen werden.

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

ANMERKUNG Für Flansche, die zur Erfüllung anderer Regelwerke eingesetzt werden, ergibt die Berechnungsmethode keine Werte für Nennspannungen.

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

- im Montagezustand entsprechen die Nenn-Berechnungsspannungen den Werten für die Druckprüfung (gewöhnlich 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 zwei verschiedenen Weisen ermittelt werden:

- 1) Verwendung tabellierter Dichtungskennwerte, wie z. B. in [A1](#) EN 1591-2 [A1](#) angegeben, die auf Industriep Praxis beruhen und hauptsächlich Leckageraten für Gas und Dampf entsprechen.
- 2) Ableitung aus Messungen der Leckageraten in Abhängigkeit von Dichtungsspannungsdaten — sofern für Dichtungen verfügbar — wie z. B. in [A1](#) EN 1591-2 [A1](#) angegeben. Dies ermöglicht die Auslegung für verschiedene vorgegebene maximale Leckageraten.

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 dieser Berechnungsmethode.

Beim gegenwärtigen Entwicklungsstand ist diese Berechnungsmethode 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 den Berechnungsprozess ist in Anhang F angegeben.

A1 Die mit den in dieser Norm beschriebenen Verfahren berechnete Kraft stellt die Mindest-Schraubenkraft dar, die auf die Dichtung aufgebracht werden sollte, um die erforderliche Dichtheitsklasse zu erreichen.

Eine innerhalb zulässiger Belastungsverhältnisse steigende Schraubenkraft an Flanschen/Schraube/Dichtung verringert Leckageraten und ergibt eine konservative Konstruktion.

Der Konstrukteur kann eine Schraubenkraft wählen, die zwischen der Last zum Erreichen der Dichtheitsklasse und der durch die Belastungsverhältnisse begrenzten Last liegt.

Zweck der Veröffentlichung dieser neuen Ausgabe von EN 1591-1:2001 ist die Angleichung an EN 1591-2:2008. Das Berechnungsverfahren und die Auswertung der Dichtungsdaten ist Gegenstand fortlaufender Arbeit der Gemeinsamen Arbeitsgruppe CEN/TC54/TC69/TC74/TC267/TC269/JWG. Diese Ausgabe ist daher vorübergehend und wird zu gegebener Zeit aktualisiert.

Die EN 1591-1 basiert hauptsächlich auf dem Grundsatz, eine ausgewählte Dichtheitsklasse einzuhalten. Besteht allerdings keine Anforderung an eine Begrenzung der Leckagerate, werden die beiden folgenden Änderungen empfohlen.

- in Gleichung (49) kann die Flächenpressung der Dichtung Q_A durch $Q_{0,min}$ nach EN 13445-3:2002, Anhang G ersetzt werden;
- in Gleichung (50) kann die Flächenpressung der Dichtung $Q_{Smin(L)I}$ durch $Q_{I,min} = m_I \times |P_I|$, mit m_I nach EN 13445-3:2002, Anhang G, ersetzt werden. **A1**

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

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

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 kontrollieren. A1 Die folgenden Gleichungen verwenden Dichtungskennwerte, die auf Definitionen und Prüfverfahren nach EN 13555 beruhen. A1

1.2 Anforderung für die Anwendung dieser Berechnungsmethode

Diese Berechnungsmethode bietet (sofern zugelassen) eine Alternative für den Nachweis der Gültigkeit der Auslegung mit anderen Mitteln, z. B.:

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

1.3 Gültigkeit

1.3.1 Geometrie

Das Berechnungsverfahren ist anwendbar für Konfigurationen mit:

- Flanschen, deren Querschnitt angegeben oder auf die in den Bildern 4 bis 12 dargestellten Flansche zurückzuführen ist;
- vier oder mehr gleichmäßig verteilten, identischen Schrauben;
- 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) $e_F \geq \max \left\{ e_2; d_{B0}; p_B \times 3 \sqrt{(0,01 \dots 0,10) \times \frac{p_B}{b_F}} \right\}$

c) $\cos \varphi_S \geq 1 / (1 + 0,01 \frac{d_S}{e_S})$

ANMERKUNG 1 Zur Bedeutung der Kurzzeichen siehe Abschnitt 3.

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

ANMERKUNG 3 Die Bedingung $e_F \geq p_B \times 3 \sqrt{(0,01 \dots 0,10) \frac{p_B}{b_F}}$ dient der Begrenzung einer ungleichmäßigen Dichtungs-
pressung aufgrund der Schraubenabstände. Die Werte 0,01 und 0,10 gelten für weiche (nichtmetallische) bzw. harte (metallische) Dichtungen. Eine genauere Berechnung ist in Anhang A enthalten.

ANMERKUNG 4 Möglicherweise müssen die Auswirkungen von Maßen, Toleranzen und Korrosion berücksichtigt werden, wobei andere Regelwerke, nach denen die Auslegung/Berechnung durchgeführt wurde, anzugeben sind; Werte sind z. B. in EN 13445 und EN 13480 angegeben.

Die folgenden Konfigurationen liegen außerhalb des Anwendungsbereiches dieses Berechnungsverfahrens:

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

1.3.2 Werkstoffe

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

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

Bei Dichtungen in unelastischen Werkstoffen, die starke Verformungen zulassen (z. B. Flachdichtungen, die größtenteils aus Gummi bestehen), können die Ergebnisse nach diesem Verfahren extrem konservativ sein (d. h. erforderliche Schraubenkraft zu hoch, zulässiger Mediendruck zu gering, erforderliche Dichtungsbreite zu groß, usw.), da es diese Eigenschaften vernachlässigt.

1.3.3 Belastungen

Das Berechnungsverfahren 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

Das Berechnungsverfahren beruht auf dem folgenden mechanischen Modell:

- a) Die Geometrie der Flansche und der Dichtung ist axialsymmetrisch. Kleine Abweichungen aufgrund einer begrenzten Anzahl von Schrauben sind zulässig. Geteilte lose Flansche oder ovale Flansche sind unzulässig.
- b) Der Flanschquerschnitt (radialer Schnitt) bleibt unverformt. Nur Umfangsspannungen und -zugkräfte im Ring werden behandelt; radiale und axiale Spannungen und Zugkräfte werden vernachlässigt. Diese Annahme erfordert die Einhaltung der Bedingung 1.3.1a).
- c) Der Flanschring ist an eine zylindrische Schale angeschlossen. Ein konischer Ansatz wird wie eine äquivalente zylindrische Schale mit berechneter Wanddicke behandelt, die für elastisches und plastisches Verhalten unterschiedlich ist, jedoch immer zwischen der tatsächlichen Mindest- und Höchstdicke liegt. Kegelschalen und Kugelschalen werden wie zylindrische Schalen mit gleicher Wanddicke behandelt; Unterschiede zu zylindrischen Schalen werden explizit in den Formeln berücksichtigt.

Diese Annahme erfordert die Einhaltung der Bedingung 1.3.1c).

An der Verbindung von Flanschring und Schale wird die Beibehaltung 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 ($I = 0$) berechnet und es wird angenommen, dass sie für alle anderen Folgezustände ($I = 1, 2 \dots$) unverändert bleibt. Die Berechnung von b_{Ge} schließt die elastische Drehung beider Flansche sowie die elastischen und plastischen Verformungen der Dichtung (näherungsweise) im Montagezustand mit ein.
- e) A1 Der Elastizitätsmodul des Dichtungswerkstoffes kann mit der auf die Dichtung wirkenden Druckspannung Q ansteigen. Der Elastizitätsmodul ist der elastisch-plastische Sekantenmodul bei Entlastung, gemessen zwischen 100 % und 33 % bei mehreren Dichtungsspannungswerten. Das Berechnungsverfahren verwendet den höchsten Wert der Druckspannung (Q) im Montagezustand. A1
- f) A1 Das Kriechen des Dichtungswerkstoffes unter Druckspannung wird näherungsweise berücksichtigt durch den Kriechfaktor P_{QR} . A1
- 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) Lastwechsel zwischen verschiedenen Belastungszuständen bewirken interne Änderungen der Schrauben- und Dichtungskräfte. Diese werden unter Berücksichtigung der elastischen Verformungen aller Bauteile berechnet. Für die Sicherstellung der Dichtheit wird die erforderliche Mindest-Dichtungskraft im Montagezustand berechnet (siehe 5.4), damit die Mindestwerte der Dichtungskräfte, die auf die Dichtung wirken, unter allen Belastungszuständen nicht unterschritten werden (siehe 5.3 und 5.5).
- j) Nachweise der Belastungsgrenze beruhen auf den Belastungsgrenzen jedes Bauteils. Übermäßige plastische Verformungen werden dadurch verhindert. Grenzen für Dichtungen, die von Q_{max} abhängen, sind nur Näherungen.

Folgendes wird bei diesem Modell nicht berücksichtigt:

- k) Biegesteifigkeit und Biegefestigkeit der Schrauben. Dies ist eine konservative Vereinfachung. Allerdings schließt die Zugsteifigkeit von Schrauben (näherungsweise) die Verformung 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

Die folgenden zitierten Dokumente 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 1092-1, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*

EN 1092-2:1997, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 2: Gusseisenflansche*

EN 1092-3, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 3: Flansche aus Kupferlegierungen*

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

gestrichener Text

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

Die Bilder 1 bis 12 stellen die Nomenklatur der geometrischen Parameter dar. Sie zeigen nur das Prinzip und legen nicht die Konstruktion fest. Es sind nicht alle möglichen Flanschtypen dargestellt, für die das Berechnungsverfahren 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 (konischer Ansatz + angeschlossene Schale) zur Berechnung der Belastungsgrenze
E	äquivalenter Zylinder (konischer 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

$\boxed{A_1}$ Istwert die bei der Berechnung tatsächlich berücksichtigten Maße $\langle A_1 \rangle$

av	Mittelwert
c	berechnet
d	Auslegungs-, Berechnungs-
e	effektiv
max	Maximum
min	Minimum
nom	Nenn-
opt	optimal

 ref	Bezugsmaße nach EN 13555:2004, 7.4 
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 die Flanschparameter steht und sich auf den zweiten Flansch der Verbindung bezieht, der sich möglicherweise vom ersten Flansch unterscheidet

3.3 Formelzeichen

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

A_B	effektive Gesamt-Querschnittsfläche aller Schrauben [mm^2], Gleichung (33)
A_F, A_L	radiale Gesamtquerschnittsfläche des Flanschrings (einschließlich Schraubenlöcher), losen Flansches [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)

gestrichener Text

E_B, E_F, E_G, E_L	Elastizitätsmodul des mit dem entsprechenden Index bezeichneten Teils, bei der Temperatur des Teils [MPa]  gestrichener Text 
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 Lastwechseln 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_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 , Gleichungen (71) und (D.8) bis (D.11)
N_R	Anzahl der Montage- und Nachziehvorgänge während der Lebensdauer einer Verbindung, Gleichung (67)
P	Mediendruck [MPa], Innendruck > 0 , Außendruck < 0 (1 bar = 0,1 MPa) ANMERKUNG P in dieser Norm entspricht dem maximal zulässigen Druck PS nach der DGRL.
${}^{[A1]}P_{QR}$	Kriechfaktor als Verhältnis von Rest- und Dichtungsflächenpressung bei Lastbedingungen [-], Gleichungen (51), (68), (E.7), (E.8) ${}^{[A1]}$
Q	mittlere effektive Druckspannung der Dichtung [MPa], $Q = F_G/A_{Ge}$
${}^{[A1]}Q_A$	Dichtungsflächenpressung im Montagezustand vor der Entlastung, der für die Gültigkeit von $Q_{S,min(L)}$ bei Betriebsbedingungen erforderlich ist [MPa], Gleichung (49)
$Q_{Smin(L)}$	erforderliche Mindest-Dichtungsflächenpressung für die Dichtheitsklasse L nach Entlastung bei Belastungszustand [MPa], Gleichung (50)
$Q_{min(L)}$	erforderliche Mindest-Dichtungsflächenpressung für die Dichtheitsklasse L im Montagezustand (auf der effektiven Dichtfläche) [MPa], kleinster zulässiger Mindestwert für Q_A
Q_{Smax}	maximal zulässiger Dichtungsflächenpressung, der sicher und ohne Beschädigung bei Betriebstemperatur aufgebracht werden kann [MPa], Gleichungen (72a), (72b)
Q_{max}	maximal zulässiger Dichtungsflächenpressung, der sicher und ohne Beschädigung bei Betriebstemperatur aufgebracht werden kann (bei tatsächlicher Dichtungsform in geschraubter Flanschverbindung) [MPa], Gleichungen (72b), (72c)
$Q_{max,Y}$	maximal zulässiger Dichtungsflächenpressung, der sicher und ohne Beschädigung bei Betriebstemperatur aufgebracht werden kann (unabhängig von der Dichtungsform) [MPa], Gleichung (72a) ${}^{[A1]}$
T_B, T_F, T_G, T_L	Temperatur (Mittelwert) der durch Index bezeichneten Bauteile [°C] oder [K], Gleichung (45)
T_0	Temperatur der Verbindung im Montagezustand [°C] oder [K] (gewöhnlich +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 von Schrauben, Dichtung [1/mm], Gleichungen (34), (42)
Y_G, Y_Q, Y_R	axiale Nachgiebigkeit der geschraubten Flanschverbindung [mm/N] bezogen auf F_G, F_Q, F_R , Gleichungen (46), (47), (48)

Z_F, Z_L	Elastizitätsmodul bei Drehung des Flansches, losen Flansches [mm ³], Gleichungen (27), (31), (32)
b_0	Breite der Anfasung (oder Abrundung) eines losen Flansches [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
$\overline{A_1} c_1$	numerische Konstante für eine Dichtungsart, z. B. $c_1 = 1/20$ für Faserarten; für Dichtungen, für die kein Wert vorliegt, kann $c_1 = 0$ eingesetzt werden, Gleichungen (72a), (72b) $\overline{A_1}$
c_F, c_M, c_S	Korrekturfaktoren, Gleichungen (20), (78), (79)
d_0	Innendurchmesser des Flanschrings [mm] und auch 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 von Bund oder Bördel [mm], Bild 10
d_9	Durchmesser eines mittigen Loches in einem Blindflansch [mm], Bild 9
d_{B0}, d_{Be}, d_{Bs}	Schraubendurchmesser: 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 der Mittelplatte des Blindflansches innerhalb d_0 [mm], Bild 9
e_1	Mindest-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 die 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 Flanschrings am Durchmesser d_3 (Schraubenkreis) [mm] Gleichung (3)
e_{Ft}	Dicke des Flanschrings 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	Teildicke des Flansches mit (e_P), 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 [$^{\circ}\text{C}$] oder [K], wie in den Druckbehältervorschriften definiert und verwendet
g_C	[A1] Kriechfaktor der Dichtung nach EN 1591-1:2001, ersetzt durch Kriechfaktor P_{QR} . Für den Fall, dass der Kriechfaktor g_C weiterhin verwendet wird, sind in Anhang H alternative Berechnungsregeln festgelegt [A1]
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), [AC] (56a), (56b), (58a), (58b), (D.1), (D.2), (D.8), (D.9), (D.10) [AC]
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 $\boxed{\text{AC}}$ (74) $\boxed{\text{AC}}$, Tabelle 2
$\Phi_B, \Phi_F, \Phi_G, \Phi_L, \Phi_X$	Belastungsgrad des durch Index bezeichneten Bauteils und/oder Querschnitts, für alle Zustände zu berechnen, Gleichungen (71), $\boxed{\text{AC}}$ (72c) $\boxed{\text{AC}}$, (73), (85), (87), (89), (91)
$\Phi_{\max}$	reduzierter maximaler zulässiger Belastungsgrad, Gleichung (70)
$\alpha_B, \alpha_F, \alpha_G, \alpha_L$	Wärmeausdehnungskoeffizient des durch Index bezeichneten Bauteils, gemittelt zwischen T_0 und T_B, T_F, T_G, T_L, T_S [K ⁻¹]
$\beta, \gamma, \delta, \vartheta, \kappa, \lambda, \chi$	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, Gleichungen (60), (61)
π	numerische Konstante ($\pi = 3,141593$)
$\boxed{\text{A}_1} \rho$	Durchmesserverhältnis nach Gleichung (28) $\boxed{\text{A}_1}$
φ_G	radialer Neigungswinkel einer Dichtfläche [rad oder Grad], Bild 3, Tabelle 2
φ_S	Neigungswinkel der angeschlossenen Schalenwand [rad oder Grad], Bilder 6, 7

3.4 Terminologie

3.4.1 Flansche

Integrierter Flansch: Flansch, der mit der Schale entweder verschweißt ist (z. B. 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

Looser Flansch: Separater Flanschring, der an Bund oder Bördel anliegt, siehe Bild 10

Ansatz: Axiale Erweiterung des Flanschrings, verbindet gewöhnlich den Flanschring mit der Schale, siehe Bilder 4, 5

Bund oder Bördel: $\boxed{\text{AC}}$ Auflagefläche $\boxed{\text{AC}}$ 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 (Montage) bezeichnet durch $I = 0$

Folgezustand: Belastungszustand nach dem Montagezustand, z. B. Prüfzustand, Betriebszustand, Anfahr- und Abfahrzustand, bezeichnet durch $I = 1, 2, 3 \dots$

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]

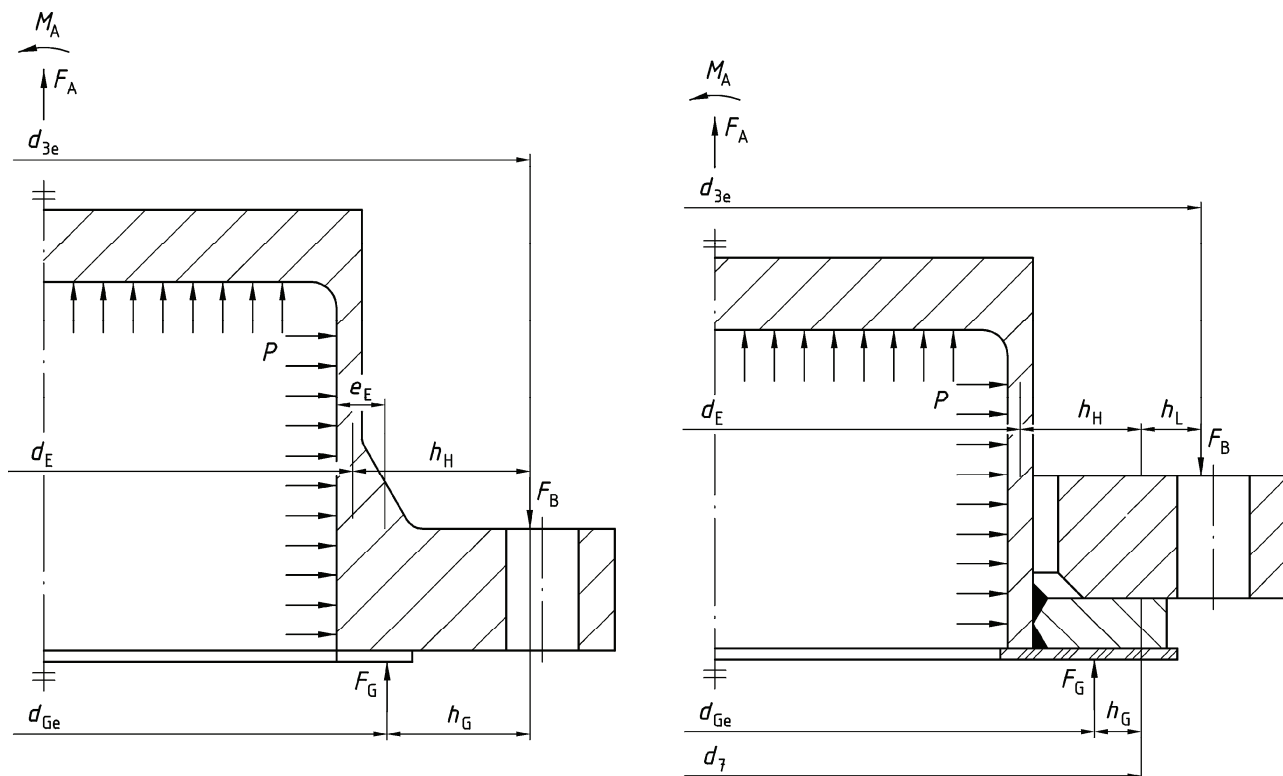


Bild 1 — Belastungen und Hebelarme