

DIN EN 13445-3/A10

ICS 23.020.30

Ersatz für
DIN EN 13445-3/A10:2008-06**Unbefeuerte Druckbehälter –
Teil 3: Konstruktion;
Deutsche Fassung EN 13445-3:2002/A10:2008**

Unfired pressure vessels –

Part 3: Design;

German version EN 13445-3:2002/A10:2008

Récipients sous pression non soumis à la flamme –

Partie 3: Conception;

Version allemande EN 13445-3:2002/A10:2008

Gesamtumfang 69 Seiten

Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2002/A10:2008) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der FNCA GA 54 im Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

EN 13445-3:2002/A10 enthält Korrekturen zu EN 13445-3:2002.

Es ist vorgesehen, den Inhalt dieses Dokumentes bei einer Folgeausgabe von EN 13445-3 einzuarbeiten.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13445-3/A10:2008-06 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) Im Dokument wurden die redaktionellen Fehler korrigiert.
- b) Die Darstellung von Formeln und Symbolen wurde ebenso berichtigt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13445-3/A10: 2008-06

Deutsche Fassung

Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 3: Konstruktion

Unfired pressure vessels –
Part 3: Design

Réceptifs sous pression non soumis à la flamme –
Partie 3: Conception

Diese Änderung A10 modifiziert die Europäische Norm EN 13445-3:2002. Sie wurde vom CEN am 27. November 2006 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen diese Änderung in der betreffenden nationalen Norm, ohne jede Änderung, einzufügen 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 Änderung 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 des CEN 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: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Anhang GA (normativ) Alternativverfahren zur Auslegung von Flanschen und Flanschverbindungen mit Dichtung	4
GA.1 Zweck	4
GA.2 Zusätzliche Definitionen	4
GA.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen	5
GA.3.1 Verwendung der Bilder (allgemein)	5
GA.3.2 Indizes	5
GA.3.3 Symbole	7
GA.4 Allgemeines	23
GA.4.1 Anwendungsbedingungen	23
GA.4.2 Mechanisches Modell	24
GA.4.3 Berechnungsverfahren	25
GA.5 Berechnungsparameter	26
GA.5.0 Allgemeines	26
GA.5.1 Flanschparameter	26
GA.5.2 Parameter für Schrauben und Scheiben	29
GA.5.3 Dichtungsparameter	30
GA.5.4 Hebelarme	33
GA.6 Kräfte	34
GA.6.0 Allgemeines	34
GA.6.1 Lasten	34
GA.6.2 Nachgiebigkeit der Verbindung	36
GA.6.3 Elastische Verformungen	36
GA.6.4 Tatsächliche Dichtungskräfte	36
GA.6.5 Erforderliche Dichtungskraft	37
GA.6.6 Kräfte im Einbauzustand ($I = 0$)	39
GA.6.7 Kräfte in den Folgezuständen ($I = 1, 2, 3 \dots$)	40
GA.7 Belastungsgrenzen	40
GA.7.0 Allgemeines	40
GA.7.1 Schrauben	41
GA.7.2 Anpressdruck durch die Schraubenkraft und Scheiben	42
GA.7.3 Dichtung	43
GA.7.4 Festflansch, Bund oder Bördel	44
GA.7.5 Blindflansch	46
GA.7.6 Losflansch mit Bund oder Bördel	46
GA.8 Ergänzende Erläuterungen	47
GA.8.1 Maße für genormte metrische Schrauben	47
GA.8.2 Schrauben-Anziehverfahren	48
GA.8.3 Drehungen des Flansches	50
GA.9 Dichtungseigenschaften	51
GA.9.0 Allgemeines	51
GA.9.1 Grundlegende Erläuterungen	51
GA.9.2 Tabellen für Dichtungseigenschaften	54
GA.10 Literaturhinweise	67

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2002/A10:2008) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 13445-3:2002 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2008 zurückgezogen werden.

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.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinie 97/23/EG.

Zum Zusammenhang mit der EG-Richtlinie 97/23/EG siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokumentes ist.

Dieses Dokument enthält den Text der Änderung. Die berichtigten Seiten der EN 13445-3 werden als Ausgabe 30 der Norm veröffentlicht.

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.

Ergänze folgenden Anhang GA:

Anhang GA (normativ)

Alternativverfahren zur Auslegung von Flanschen und Flanschverbindungen mit Dichtung

GA.1 Zweck

Dieser Anhang regelt die Berechnung verschraubter runder Flanschverbindungen mit Dichtung. Er gilt für Flansche und verschraubte gewölbte Böden und stellt eine Alternative zu den Verfahren in Abschnitt 11 und 12 dar.

Zweck des Anhangs ist es, die konstruktive Druckfestigkeit und Dichtheit einer Verbindung sicherzustellen, die aus zwei Flanschen, Schrauben und einer Dichtung besteht. Die am Flansch wirkenden Lasten sind in Bild GA.3-1 dargestellt. Die Bilder GA.3-2 bis GA.3-3 zeigen verschiedene Arten von Schrauben und Dichtungen.

Dieser Anhang gilt nicht für verschraubte Rohrboden-Flansch-Verbindungen mit zwei Dichtungen und/oder zwei unterschiedlichen Mediendrücken. Angeschweißte Flansch-Verbindungen und Verbindungen, bei denen zwei Schalen mit dem Flansch verbunden sind (ummantelte Behälter oder Rohre) werden hier ebenfalls nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG Dieser informative Anhang ist eine Weiterentwicklung der bisher in Anhang GA aufgeführten Alternativverfahren. Es ist für den Gebrauch von verschraubten Flanschverbindungen bei Behältern mit Gas oder Dampf vorgesehen, für welche es nötig ist in Anbetracht des Umweltschutzes, eine maximale Leckrate festzulegen. Die Dichtungsfaktoren in den Tabellen GA.9-1 bis GA.9-6 basieren zum Teil auf Erfahrungswerte und auf theoretischen Aspekten. Jedes Verwenden der Faktoren sollte mit Vorsicht geschehen bzw. wenn es möglich ist, mit der Absprache des Dichtungshersteller.

GA.2 Zusätzliche Definitionen

Die folgenden Definitionen und Begriffe gelten zusätzlich zu denen in 11.2.

GA.2.1

Festflansch

Flansch, der entweder integraler Bestandteil der Schale oder mit ihr verschweißt ist (siehe Bilder GA.3-4 bis GA.3-8)

GA.2.2

Blindflansch

mit Schrauben befestigter ebener Deckel (siehe Bild GA.3-9)

GA.2.3

Losflansch

getrenntes loses Flanschblatt mit Bund oder Bördel als Auflage (siehe Bild GA.3-10)

GA.2.4

Flanschansatz

Verlängerung des Flanschblatts in axialer Richtung, gewöhnlich zur Verbindung von Flanschblatt und Schale (siehe Bilder GA.3-4 und GA.3-5)

GA.2.5

Bördel oder Bund

Auflage für einen Losflansch (siehe Bild GA.3-10)

GA.2.6

Lastzustand

gleichzeitiges Einwirken verschiedener Lasten; mit dem Index I bezeichnet

GA.2.7

Lastwechsel

Änderung des Lastzustands

GA.2.8

Einbauzustand

siehe Definition in 11.2; für diesen Anhang bezeichnet mit I = 0

GA.2.9

Folgezustand

Lastzustand nach dem Einbauzustand, z. B. Betriebszustand, Prüfzustand, Zustand beim An- oder Abfahren einer Anlage, bezeichnet mit I = 1, 2, 3...

GA.2.10

äußere Lasten

Kräfte und/oder Momente an der Verbindung, die durch Anbauteile verursacht werden, z. B. Masse oder Wärmeausdehnung von Rohren

GA.2.11

Nachgiebigkeit

Kehrwert der axialen Steifigkeit der Verbindung, Symbol: Y , Einheit: mm/N

GA.2.12

Elastizitätsfaktor

Kehrwert des Steifigkeitsmoduls eines Bauteils, ausschließlich der Elastizitätskonstanten des Werkstoffs; in axialer Richtung: Symbol: X , Einheit: 1/mm; in Umfangsrichtung: Symbol: Z , Einheit: 1/mm³.

GA.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

GA.3.1 Verwendung der Bilder (allgemein)

Die Bilder GA.3-1 bis GA.3-10 dienen nur zur Verdeutlichung der Bezeichnungen und nicht der Darstellung konstruktiver Einzelheiten. Es sind nicht sämtliche Flanschtypen abgebildet, die nach diesen Regeln berechnet werden können.

GA.3.2 Indizes

Indizes für die Angabe von Teilen sind immer Großbuchstaben. Indizes zur Angabe von Eigenschaften (Verhalten) können Kleinbuchstaben sein. Indizes in Klammern (I und/oder J) dürfen weggelassen werden.

A	für Lastzustand beim Einbau, zusätzlich (F_A , M_A)
B	für Schraube
C	für Kontaktfläche
F	für Flansch
G	für Dichtung
H	für Ansatz (= Hals)

I	für Lastzustand, in Klammern (I = 0, 1, 2, 3 ...)
J	für Angabe von Teilen auf der einen oder der anderen Seite der Flanschverbindung bzw. für die Bestimmung von Dichtheitskennwerten, in Klammern (J = 1 oder 2)
L	für Losflansch, Belastung
M	für Moment
P	für Druck (Mediendruck)
Q	für Nettoaxialkraft durch Druck
R	für Nettoaxialkraft durch äußere Lasten (Resultierende)
S	für Schale, Schaft, Schub, Folgezustand
U	für Entlastung
W	für Scheibe
X	für Schwächster Flanschquerschnitt
X, Y, Z	für Index für Bauteile mit Zusatzlasten (Kräfte, Momente)
Δ	für Änderung oder Differenz
act	für tatsächlicher Wert
av	für Mittelwert
d	für Auslegungswert, Sollwert
e	für Effektivwert
i	für Zwischenwert (Rechenwert, kein endgültiger Wert)
max	für Höchstwert (auch: mx)
min	für Mindestwert
nom	für Nennwert
req	für erforderlichen Wert
t	für theoretischen Wert
0	für Nulllastzustand; Einbauzustand (I = 0, siehe Index I), u. a.

GA.3.3 Symbole

Die zugehörigen Einheiten sind in eckigen Klammern angegeben; [–] besagt, dass die Größe dimensionslos ist (Maß [1]).

Indizes zu den Symbolen werden wie folgt geschrieben:

- Die ersten Indizes benennen das Konstruktionselement (z. B. F für Flansch oder G für Dichtung) und die Art der Größe (z. B. 3 für Durchmesser 3 oder E für Effektivwert).
- Ist ein Element mehr als einmal vorhanden (z. B. zwei verschiedene Flansche, benummert mit J = 1 und J = 2), kann die Unterscheidung durch einen zusätzlichen Index erfolgen (Zahl in Klammern); dies ist jedoch nicht unbedingt vorgegeben.
- Der letzte Index gibt den Lastzustand an (I). Falls er geschrieben wird, muss er immer in Klammern stehen; dies ist jedoch nicht unbedingt vorgegeben. In einigen Fällen sind die beiden letzten Indizes wie folgt: (J, I).

A_B	effektive Gesamtquerschnittsfläche [mm ²] aller Schrauben, Gleichung (GA.5-43);
A_F, A_L	radiale Querschnittsfläche [mm ²] des Flanschblatts bzw. Losflansches, Gleichungen (GA.5-7), (GA.5-11), (GA.5-14);
A_{Ge}, A_{Gt}	effektive bzw. theoretische Dichtungsfläche [mm ²], Gleichungen (GA.5-67) bzw. (GA.5-56);
A_Q	mittragende Fläche [mm ²] für die Axialkraft durch den Mediendruck, Gleichung (GA.5-69);
b_0	Breite [mm] der Anfasung oder Abrundung an Losflanschen [mm], Bild GA.3-10;
b_{CB}, b_{CF}	Breite der Kontaktfläche [mm], beidseitig, Flanschseite, siehe GA.5.2.3 und GA.7.2.2;
b_{CC}	Breite der Kontaktfläche für die Schrauben- und Flanschseite einer Scheibe [mm], Gleichung (GA.5-49);
b_F, b_L	effektive Breite [mm] von Flansch bzw. Losflansch, Gleichungen (GA.5-5) bis (GA.5-12);
$b_{Ge}, b_{Gi}, b_{Gp}, b_{Gt}$	effektive, vorläufige, plastische, theoretische Dichtungsbreite [mm], Tabelle GA.5-1, Gleichungen (GA.5-54), (GA.5-65), (GA.5-66);
b_W	effektive Breite [mm] einer Scheibe, Gleichung (GA.5-45);
C_0	Verformungsmodul [MPa] für Belastung der Dichtung bei Druckspannung Null ($Q = 0$), siehe GA.9.2;
C_1	Änderungsgeschwindigkeit des Verformungsmoduls [–] bei Belastung der Dichtung bei Druckspannung ($Q > 0$), siehe G.9.2;
$c_A, c_B, c_C, c_E,$	Korrekturfaktoren [–], Gleichungen (GA.5-26), (GA.5-58), (GA.7-1) bis (GA.7-3), (GA.7-5),
c_F, c_G, c_M, c_S	(GA.7-10), (GA.7-12), (GA.7-24), (GA.7-30) bis (GA.7-33);

d_0	Innendurchmesser des Flanschblatts [mm] bzw. Außendurchmesser des Mittelteils eines Blindflansches (mit Dicke e_0); d_0 ist in keinem Fall größer als der Innendurchmesser der Dichtung [mm], Bilder GA.3-4 bis GA.3-10;
d_1	mittlerer Durchmesser des Flanschansatzes am dünnen Ende [mm], Bilder GA.3-4, GA.3-5;
d_2	mittlerer Durchmesser des Flanschansatzes am dicken Ende [mm], Bilder GA.3-4, GA.3-5;
d_3	Lochkreisdurchmesser [mm], Bilder GA.3-4 bis GA.3-10;
d_4	Außendurchmesser des Flansches [mm], Bilder GA.3-4 bis GA.3-10;
d_5	Durchmesser von Schraubenlöchern [mm], Bilder GA.3-4 bis GA.3-10, Gleichungen (GA.5-2) (GA.5-3);
d_6	Innendurchmesser des Losflansches [mm], Bild GA.3-10;
d_7	Durchmesser der Kraftübertragungsfläche zwischen Losflansch und Bund oder Bördel [mm], Bild GA.3-1, Gleichungen (GA.5-75) bis (GA.5-81);
d_8	Außendurchmesser von Bund oder Bördel [mm], Bild GA.3-10;
d_9	Durchmesser eines zentralen Ausschnitts in einem Blindflansch [mm], Bild GA.3-9;
d_{B0}, d_{Be}, d_{Bs}	Nenn-, Effektiv-, Dehndurchmesser der Schrauben [mm], Bild GA.3-2;
d_{B4}	maximal mögliche Außenberührungsdurchmesser [mm] zwischen Schraubenkopf oder Schraubenmutter und Flansch oder Scheibe, Gleichungen (GA.5-48) und Tabelle GA.8-1;
d_{C1}, d_{C2}	Innen- bzw. Außendurchmesser der größten Auflagefläche der Dichtung [mm], siehe GA.5.2.3 und GA.7.2.2;
d_{CB}, d_{CF}	mittlerer Auflagendurchmesser der Dichtung [mm], Schrauben-, Flanschseite, siehe GA.5.2.3 und GA.7.2.2;
d_{G0}, d_{G1}, d_{G2}	Innen- bzw. Außendurchmesser der theoretischen Auflagefläche der Dichtung, bei gekrümmten Flächen Durchmesser der tatsächlichen Auflagefläche der Dichtung [mm], Bild GA.3-3;
d_{Ge}, d_{Gi}, d_{Gt}	effektiver, vorläufiger bzw. theoretischer Dichtungsdurchmesser für Berechnungen [mm], Bild GA.3-4, Tabelle GA.5-1;
$d_E, d_F, d_L, d_S, d_W, d_X$	mittlere Durchmesser eines Teils oder eines Querschnitts (gekennzeichnet durch Index) [mm], Gleichungen (GA.5-6) bis (GA.5-22), (GA.7-26) bis (GA.7-46);
d_{W1}, d_{W2}	Scheibendurchmesser (innen, außen) [mm], Bild GA.3-1, Gleichungen (GA.3-4) bis (GA.5-52);
D_G	Verformungsmodul [MPa] bei Belastung der Dichtung, siehe GA.9.1;
E_G	Elastizitätsmodul [MPa] bei Entlastung/Wiederbelastung der Dichtung, siehe GA.9.1;

E_B, E_F, E_L, E_S, E_W	Elastizitätsmodul [MPa] für Schraube, Flansch, Losflansch, Schale, Scheibe;
e_0	Dicke der zentralen Platte eines Blindflansches (innerhalb von d_0) [mm], Bild GA.3-9;
e_1	Minstdicke des Flanschansatzes am dünnen Ende [mm], Bilder GA.3-4, GA.3-5;
e_2	Dicke des Flanschansatzes am dicken Ende [mm], Bilder GA.3-4, GA.3-5;
e_D, e_E	Wanddicke des äquivalenten Zylinders für die Grenzlast- bzw. Flexibilitätsberechnung [mm], Gleichungen (GA.5-16), (GA.5-17);
e_F, e_L	effektive axiale Dicke des Flansches bzw. des Losflansches [mm], Gleichung (GA.5-7) bis GA.5-14);
e_G	axiale Dicke der Dichtung [mm], Bild GA.3-3;
e_{Gt}	theoretische Dicke; gegeben durch Zeichnung oder Spezifikation; Ausnahmefall siehe GA.5.3.1 (Anmerkung); Bild GA.3-3;
$e_{G(A)}$	Dicke nach allen Belastungsbedingungen, berechnet mit $F_{G(A)} = 0$;
e_N	Dicke (Höhe) einer Schraubenmutter [mm], Bild GA.3-1, Gleichung (GA.7-2);
e_P	Anteil der Flanschdicke unter radialer Druckbelastung [mm], Bild GA.3-4 bis GA.3-10;
e_Q	Anteil der Flanschdicke ohne radiale Druckbelastung [mm], Bild GA.3-4 und GA.3-10;
e_S	Wanddicke der Schale [mm], Bilder GA.3-4 bis GA.3-10;
e_W	Dicke der Scheibe [mm], Bild GA.3-1, Gleichung (GA.7-14);
e_X	Flanschdicke am schwächsten Querschnitt [mm], Bild GA.3-9, Gleichung (GA.7-46);
F_A	äußere axiale Kraft [N], Bild GA.3-1; positiver Wert bei Zug, negativer Wert bei Druck, $F_A = F_Z$;
F_B	Gesamtschraubenkraft aller Schrauben [N];
F_G	Dichtungskraft [N];
$F_{G(0)\Delta}$	Minstdichtungskraft im Einbauzustand, bei der die erforderliche Dichtungskraft in allen Folgezuständen beibehalten wird [N], Gleichung (GA.6-24);
F_Q	Mediendruckkraft in axialer Richtung [N], Gleichung (GA.6-1);
F_R	resultierende Axialkraft aus F_A und M_B [N], Gleichung (GA.6-4);
F_S	resultierende Scherkraft [N] an der Dichtung, Gleichung (GA.6-2);
F_X, F_Y, F_Z	zusätzliche Kräfte [N] in den Richtungen X, Y, Z , Bilder GA.3-1 und GA.6.1.2;
$f_B, f_F, f_L, f_N, f_S, f_W$	Berechnungsnennspannungen [MPa] für Schrauben, Flansch, Losflansch, Muttern, Schale, Scheiben;

h_G, h_H, h_L	Hebelarme [mm] (Dichtung, Flanschansatz, Losflansch, Bild GA.3-1, Gleichungen (GA.5-72) bis (GA.5-84));
h_P, h_Q, h_R, h_S, h_T	Hebelarm-Korrekturen [mm], Gleichungen (GA.5-27) bis (GA.5-30), (GA.5-38), (GA.5-39) und (GA.5-70);
h_V	maximale Abweichung des Hebelarms für Losflansche [mm], Gleichungen (GA.5-80) bis (GA.5-84);
I	Index des Lastzustandes [–], im Einbauzustand $I = 0$, für Folgezustände $I = 1, 2, 3, \dots$;
j_M, j_S	Vorzeichenkennzahlen für Moment, Scherkraft (+1 oder –1) [–], Gleichungen (GA.7-34) und (GA.7-35);
K_0	Elastizitätsmodul [MPa] für Entlastung/Wiederbelastung der Dichtung bei Druckspannung Null ($Q = 0$), siehe GA.9.1;
K_1	Änderungsgeschwindigkeit des Elastizitätsmoduls der Dichtung [–] für Entlastung/Wiederbelastung der Dichtung bei Druckspannung ($Q > 0$), siehe GA.9.1;
k_Q, k_R, k_M, k_S	Korrekturfaktoren [–], Gleichungen (GA.5-31) bis (GA.5-34), (GA.7-36) und (GA.7-37);
l_B, l_S	Schraubenabmessungen in axialer Richtung [mm], Bild GA.3-2 und Gleichung (GA.5-44) und (GA.6-6);
l_H	Länge des Flanschansatzes [mm], Bilder GA.3-4 und GA.3-5;
$M1, M2, MJ$	Exponent für Wanddickenberechnungen [–], Fall 1, Fall 2, allgemein ($J = 1, 2$), siehe GA.6 und GA.9;
M_B	äußeres Biegemoment [N/mm], Gleichung (GA.6-3);
M_t	Schraubenanzugsmoment [N/mm], Gleichung (GA.8-5);
M_X, M_Y, M_Z	Zusatzmomente [N/mm] mit den Vektorrichtungen X, Y, Z , bezogen auf die mittlere Ebene der Dichtung, Bild GA.3-1 und GA.6.1.2;
$N1, N2, NJ$	Exponent für Wanddickenberechnungen [–], Fall 1, Fall 2, allgemein ($J = 1, 2$), siehe GA.6 und GA.9;
N_R	Anzahl der Montage- bzw. Nachziehvorgänge bei einer Verbindung während der Flanschlebensdauer, Gleichung (GA.6-34); kein Einfluss auf die Dichtheit für $N_R \leq 10$;
n_B	Anzahl der Schrauben [–], Gleichungen (GA.5-1), (GA.5-4) und (GA.5-2);
P	Fluidruck [MPa], positiver Wert bei Innendruck, negativer Wert bei Außendruck, siehe GA.6.1;
p_B	Schraubenlochteilung [mm], Gleichung (GA.5-1);
p_t	Gewindesteigung der Schrauben [mm], Tabelle GA.8-1;
$Q, Q_{(I)}$	mittlere, tatsächliche, effektive Druckspannung der Dichtung [MPa] bei Lastzustand I ;

$Q_{A, \min}$	erforderliche Mindestdruckspannung der Dichtung für den Einbauzustand, siehe GA.6.5;
$Q_{A0}, Q_{A1},$ Q_{A2}, Q_{AJ}	Werkstoffkennwert für die Dichtheit [MPa], mit Angabe der erforderlichen Werte für den Einbau, Fall 0, Fall 1, Fall 2, allgemein ($J=1, 2$), siehe GA.6 und GA.9;
$Q_{E(I)}$	mittlere tatsächliche Druckspannung der Dichtung [MPa], effektive Last im Zustand I bei Verformung ohne Gleitbewegung auf Oberflächen, Gleichungen (GA.5-59) und (GA.5-63);
$Q_{S, \min}$	erforderliche Mindestdruckspannung der Dichtung [MPa], für Folgezustände, siehe GA.6.5;
Q_R	Beständigkeit der Dichtung gegen Zerstörung oder Beschädigung [MPa], ausschließlich Reibschluss auf den Flanschkontaktflächen, einschließlich der in allen Lastzuständen gleichen Sicherheitsgrenzwerte, siehe GA.9.1;
q	Kennwert [-] zur Bestimmung der Breite der Auflagefläche an den Scheiben, siehe GA.7.2.2;
r_2	Krümmungsradius im Dichtungsquerschnitt [mm], Bild GA.3-3;
S_W	Festigkeit der Scheibe [N/mm], Gleichung (GA.7-14); (S entspricht einem Widerstand W);
(TP)	Dichtheitskennwert [mit Angabe des Zahlenwertes], festgelegt in GA.9.1.2; besondere Werte sind $(TP)_{1mx}$ und $(TP)_{2mx}$ (Höchstwerte für Fall 1 und Fall 2);
$t_B, t_F, t_G, t_L, t_S, t_W$	Berechnungstemperaturen (mittlerer Wert für das durch Index bezeichnete Teil [°C]), Gleichung (GA.6-5);
t_0	Temperatur der Verbindung beim Anziehen der Schrauben [°C] normalerweise +20 °C;
U	axiale Verformung der Dichtung [-], zur Erläuterung in GA.9.1, $U = \Delta e_G / e_G$;
W_F, W_L, W_X	Widerstandswerte (Teil oder Abschnitt, bezeichnet durch Index) [N/mm], Gleichungen (GA.7-26), (GA.7-44), (GA.7-46) und (GA.7-48);
W_Q	besonderer Widerstand von Bund oder Bördel [N/mm], gestützt durch den Widerstandswert der Dichtung Q_R , Gleichung (GA.7-50);
$X_{(I)}$	Hilfsskennwert [-] zur Feststellung der optimalen Lastübertragungsposition für Losflansche mit Bund oder Bördel, siehe GA.5.4.2 und GA.7.6.3;
X_B, X_G, X_W	axiale Elastizitätsfaktoren von Schrauben, Dichtung, Scheibe [1/mm], Gleichungen (GA.5-44), (GA.5-53) und (GA.5-68);
Y_B, Y_G, Y_Q, Y_R	axiale Nachgiebigkeit der Verbindung unter den Lasten F_B, F_G, F_Q, F_R [mm/N], Gleichungen (GA.6-8) bis (GA.6-11);
Z_F, Z_L	Elastizitätsfaktoren eines Flansches bzw. Losflansches in Umfangsrichtung [1/mm ³], Gleichungen (GA.5-35), (GA.5-36) und (GA.5-40) bis (GA.5-42);
$\alpha_B, \alpha_F, \alpha_G, \alpha_L, \alpha_W$	mittlere Wärmeausdehnungsbeiwerte [K ⁻¹], gemittelt zwischen t_0 und t_B, t_F, t_G, t_L, t_W ;
$\beta, \gamma, \delta, \nu, \kappa, \lambda$	Zwischenwerte für Betriebsvariablen [-], Gleichungen (GA.5-15), (GA.5-23) bis (GA.5-25), (GA.5-79), (GA.7-28) und (GA.7-29);

$\Delta e_{G(0)}$	Änderung der Dichtungsdicke [mm] beim Anziehen der Schrauben während des Einbaus (bis zum Ende von Lastzustand 0), Gleichung (GA.5-63);
$\Delta e_{G(I)}$	Änderung der Dichtungsdicke [mm] nach dem Einbau bis zum Ende von Lastzustand I, Gleichung (GA.6-63);
$\Delta U_{T(I)}$	Gesamtwärmeverformung in axialer Richtung [mm], bezogen auf den Einbauzustand bei Lastzustand I, Gleichung (GA.6-5);
$\Delta U_{G(I)}$	Gesamtverformung (elastisch, durch Wärme) in axialer Richtung [mm], bezogen auf den Einbau bei Lastzustand I, Gleichung (GA.6-12);
$\varepsilon_{n+}, \varepsilon_{n-}, \varepsilon_{1+}, \varepsilon_{1-}$	Abweichung der Anfangs-Schraubenkraft vom Nennwert (nach oben, unten) [-], für n_B Schrauben und 1 Schraube, siehe Gleichung GA.8-2;
ϑ_F, ϑ_L	Verdrehung von Flansch bzw. Losflansch durch das einwirkende Moment [-], Gleichungen (GA.8-7) und (GA.8-8);
μ_B, μ_G	Reibungskoeffizient für Schrauben, Dichtung [-], siehe GA.8, GA.9;
ρ	Durchmesserverhältnis bei Blindflanschen [-], Gleichung (GA.5-37);
$\Phi_B, \Phi_C, \Phi_F, \Phi_G,$ Φ_L, Φ_W, Φ_X	Auslastungsgrade (Teil oder Abschnitt, bezeichnet durch Index) [-], Gleichungen (GA.7-1), (GA.7-4), (GA.7-7) bis (GA.7-9), (GA.7-23), (GA.7-25) und (GA.7-43) bis (GA.7-49);
φ_G	Neigungswinkel der Dichtfläche [rad oder deg], Bild GA.3-3, Tabelle GA.5-1;
φ_S	Neigungswinkel der verbundenen Schalenwand [rad oder deg], Bilder GA.3-6 und GA.3-7 mit Angabe der Vorzeichenregelung;
ψ	Auslastungsgrad des Flanschblattes aufgrund der Radialkraft [-], Gleichung (GA.7-38);
ψ_Z	Spezifischer Wert von ψ [-], Tabelle GA.7-1.

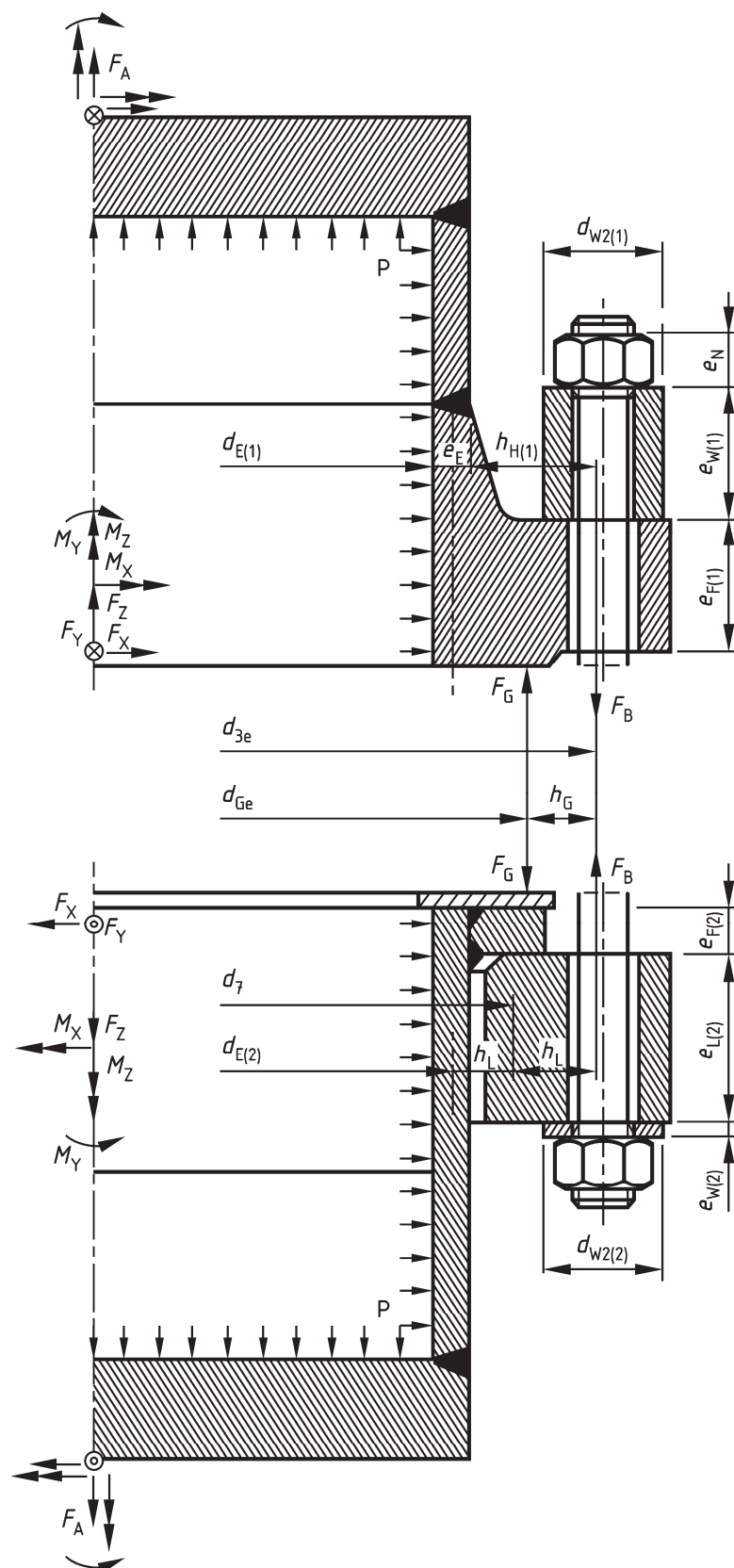


Bild GA.3-1 — Lasten und Hebelarme (Festflansch und Losflansch)

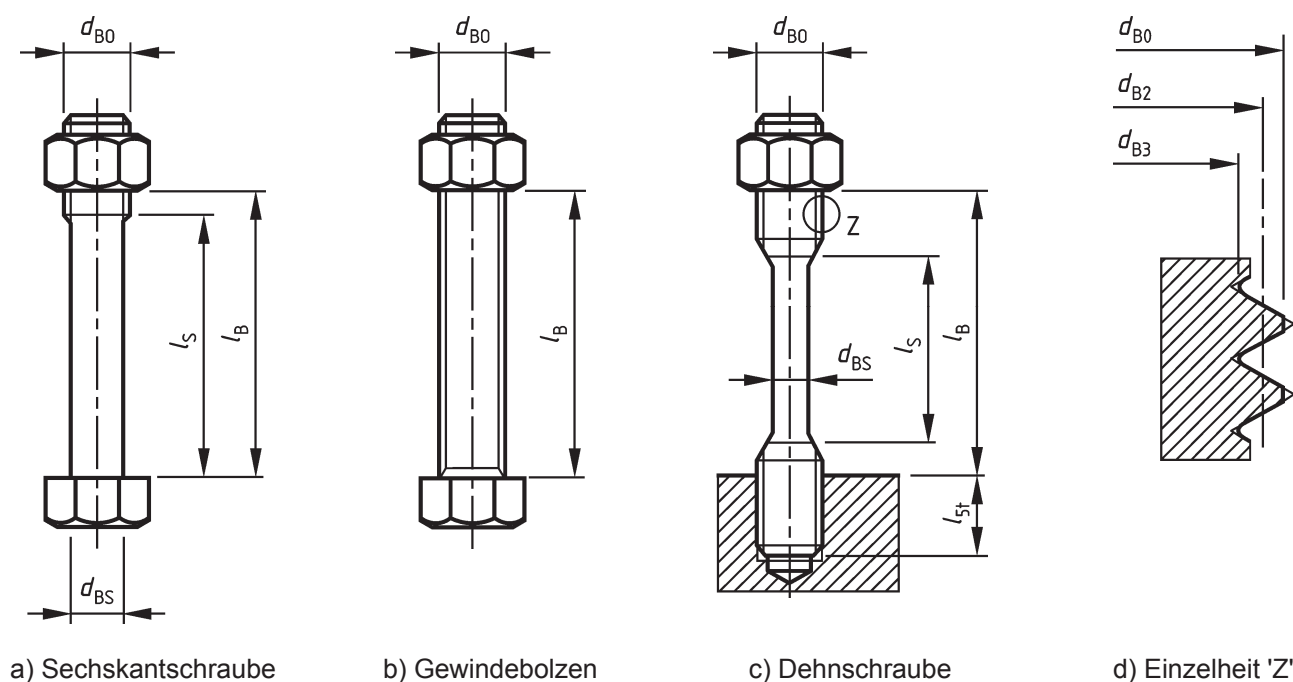


Bild GA.3-2 — Schrauben

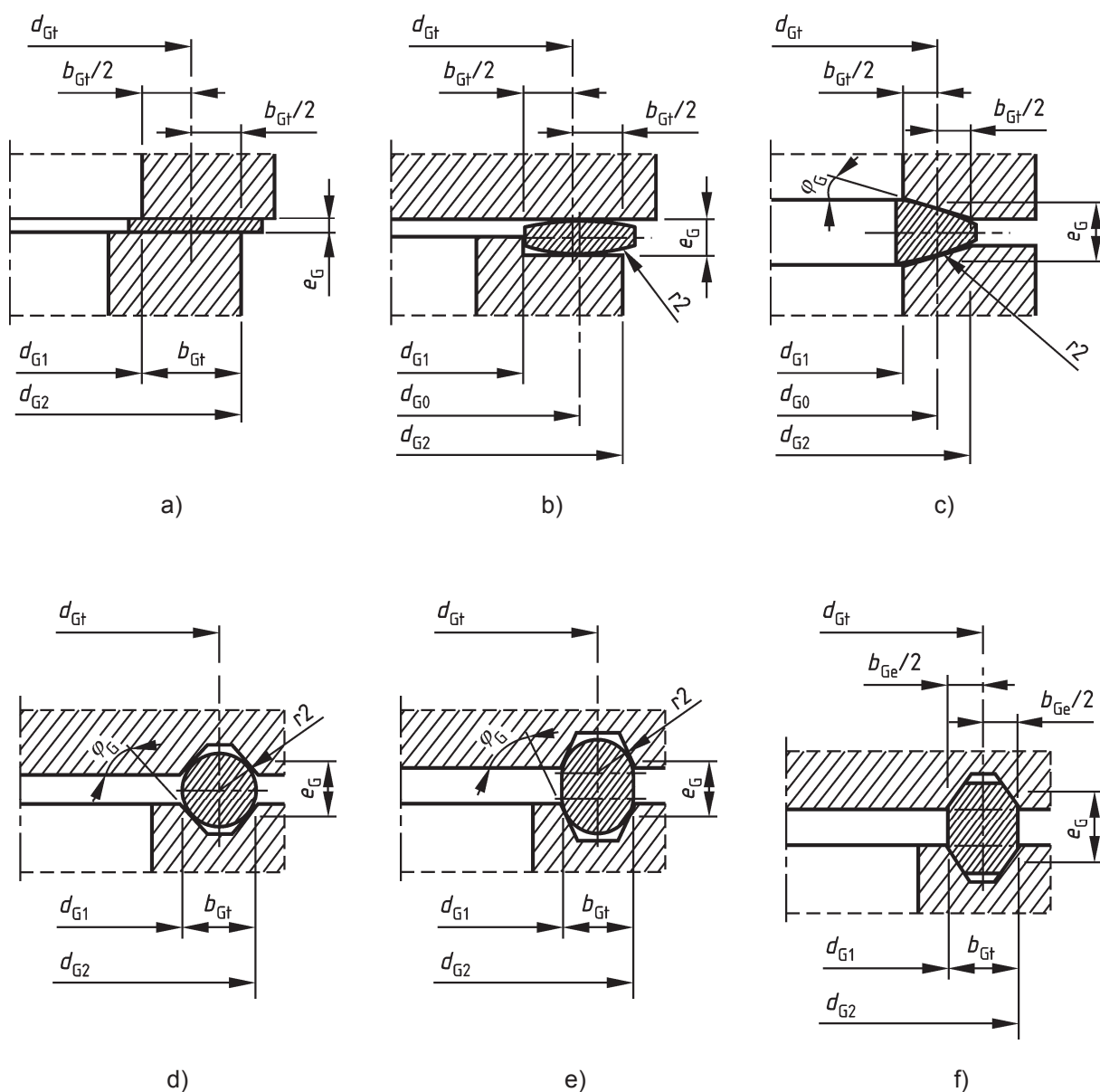
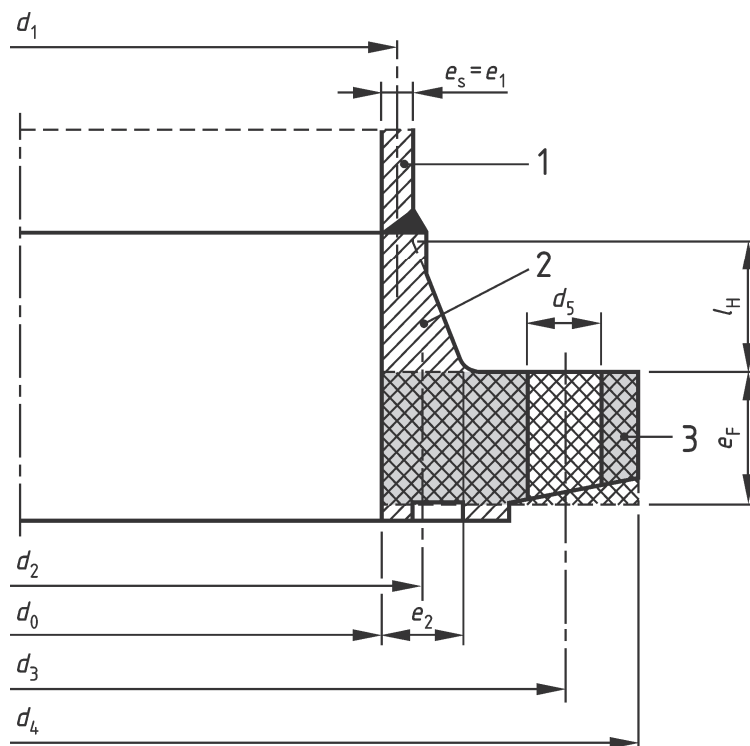
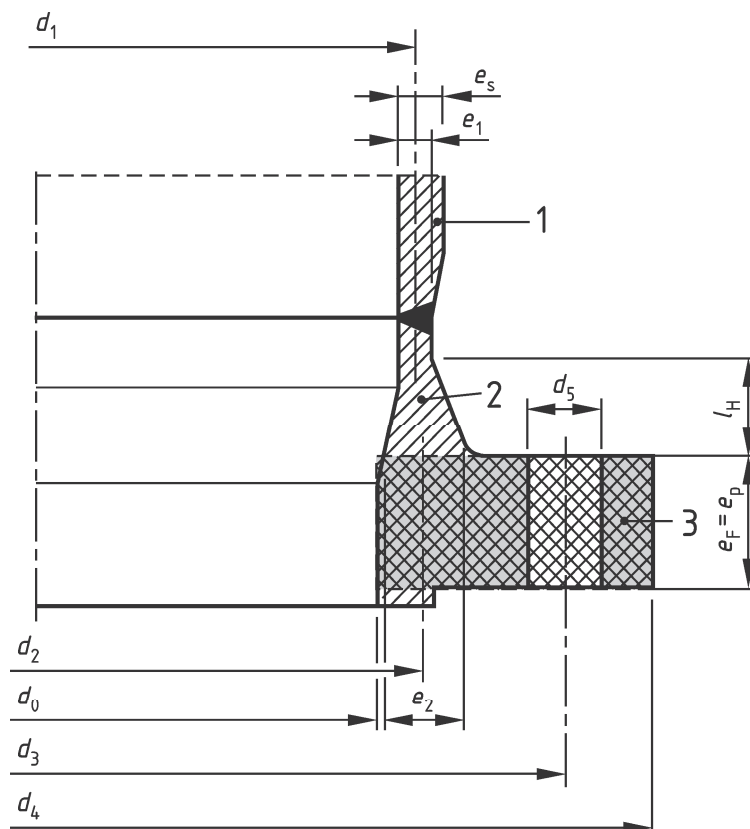


Bild GA.3-3 — Dichtungen

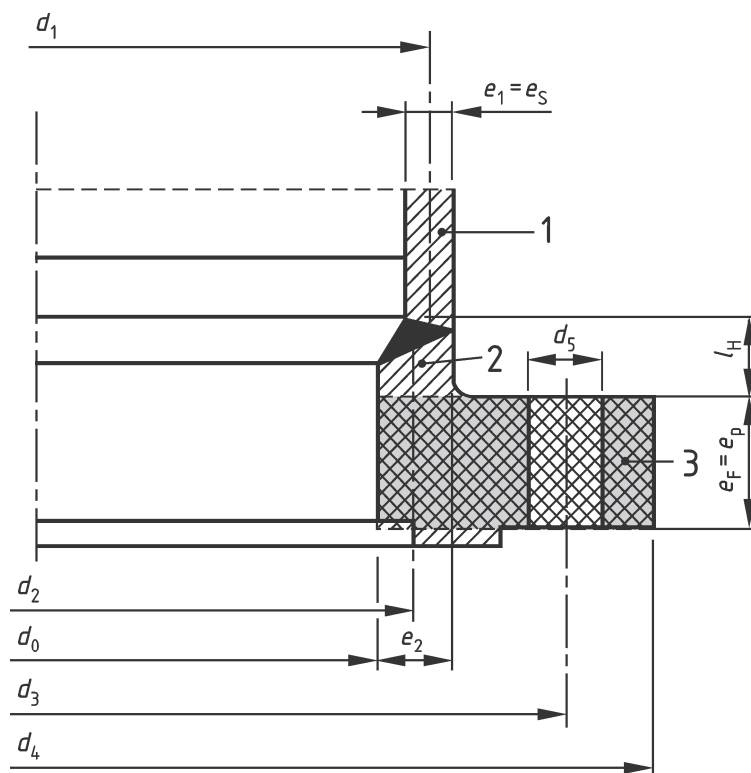


a) Konischer Ansatz ohne Verstärkung am Innendurchmesser



b) Konischer Ansatz mit Verstärkung am Innendurchmesser

Bild GA.3-4 — Festflansch mit Ansatz an Zylinderschale

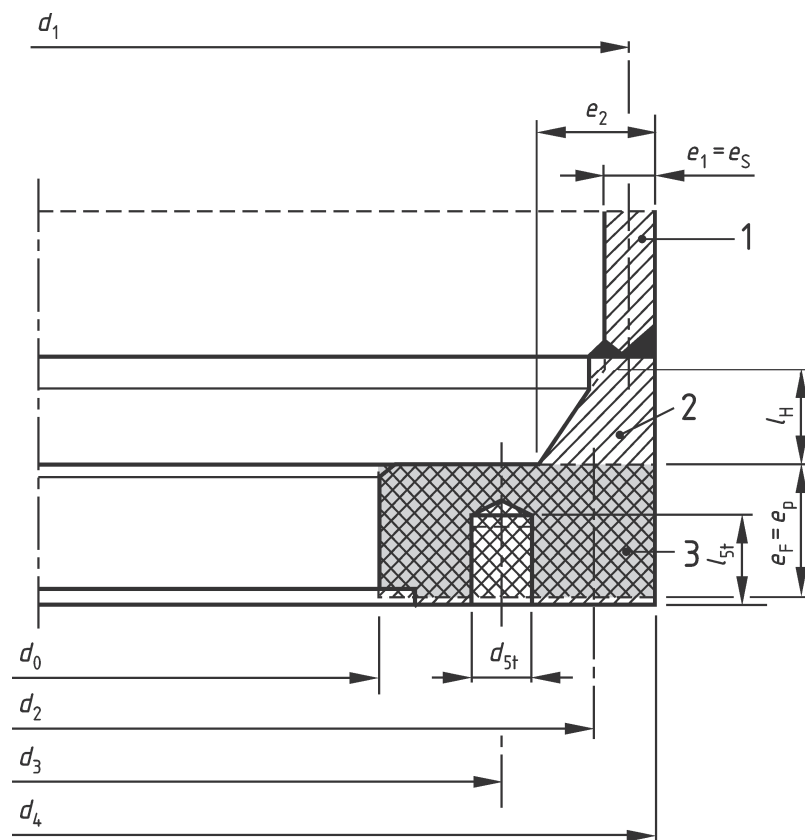


c) Ausgerundeter zylindrischer Ansatz

Legende

- 1 Schale
- 2 Ansatz
- 3 Flanschblatt

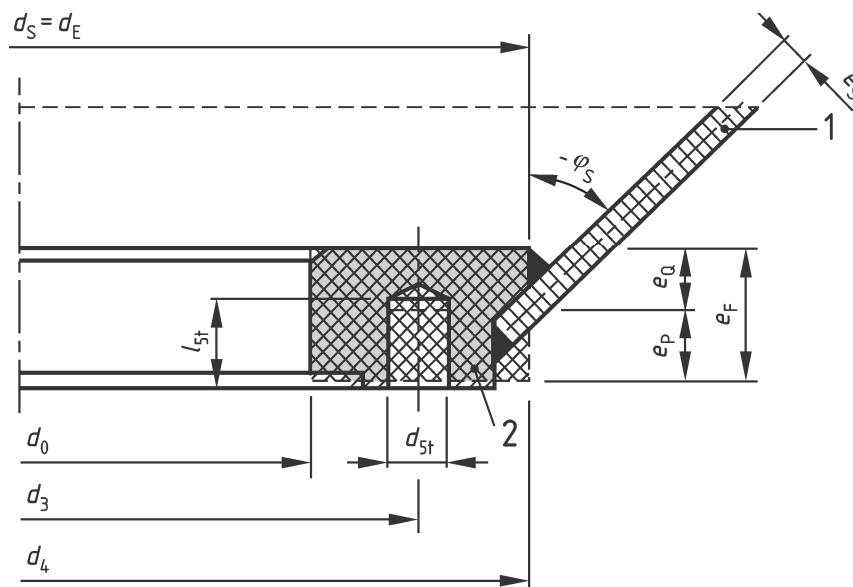
Bild GA.3-4 — Festflansch mit Ansatz an Zylinderschale (fortgesetzt)



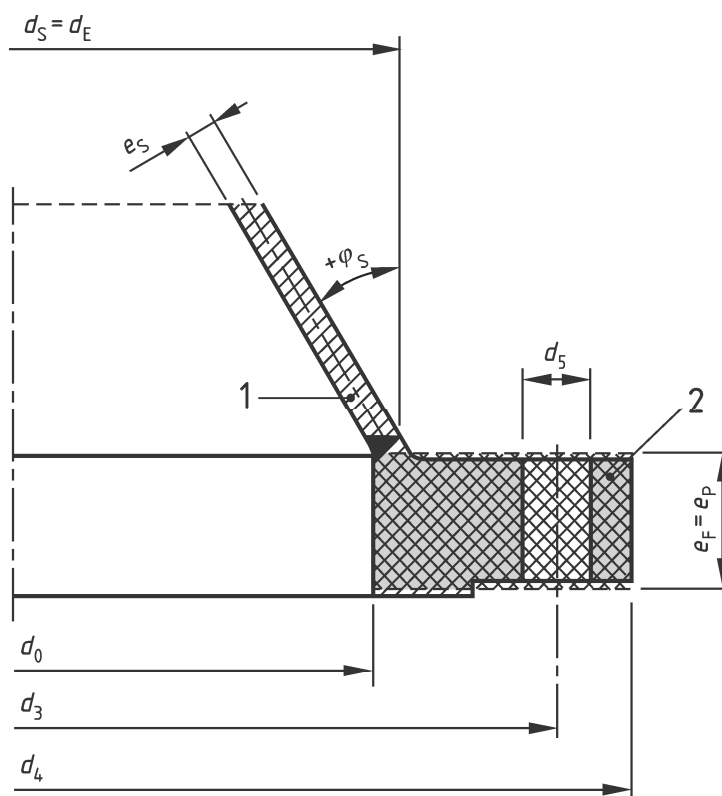
Legende

- 1 Schale
- 2 Ansatz
- 3 Flanschblatt

Bild GA.3-5 — Innenliegender Festflansch mit Ansatz an Zylinderschale



a) Flansch an kleiner Kegelgrundfläche



b) Flansch an großer Kegelgrundfläche

Legende

- 1 Schale
- 2 Flanschblatt

Bild GA.3-6 — Festflansch an Kegelschale