

DIN EN 13445-3/A2

ICS 23.020.30

Änderung von
DIN EN 13445-3:2013-12**Unbefeuerte Druckbehälter –
Teil 3: Konstruktion;
Deutsche Fassung EN 13445-3:2009/A2:2013**

Unfired pressure vessels –

Part 3: Design;

German version EN 13445-3:2009/A2:2013

Récipients sous pression non soumis à la flamme –

Partie 3: Conception;

Version allemande EN 13445-3:2009/A2:2013

Gesamtumfang 44 Seiten

Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2009/A2:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 012-00-05 AA im Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

Dieses Dokument enthält Änderungen zu DIN EN 13445-3:2013-12.

Es ist vorgesehen, den Inhalt dieses Dokumentes bei einer Folgeausgabe von DIN EN 13445-3:2013-12 einzuarbeiten.

Deutsche Fassung

Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion

Unfired pressure vessels —
Part 3: Design

Réipients sous pression non soumis à la flamme —
Partie 3: Conception

Diese Änderung A2 modifiziert die Europäische Norm EN 13445-3:2009. Sie wurde vom CEN am 9. November 2013 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-CENELEC 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-CENELEC 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	3
1 Änderung von 16.12	4
16.12 Stehende Behälter auf Standzargen	4
16.12.1 Allgemeines	4
16.12.2 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen (siehe Bild 16.12-1 bis Bild 16.12-4)	4
16.12.3 Verbindung von Standzarge und Schale	5
16.12.4 Auslegung von Standzargen mit Ausschnitten und ohne	16
16.12.5 Auslegung von Verankerungsschrauben und Bodenring für Standzargen	20
2 Änderung von Abschnitt 22	33
22 Statische Berechnung hoher stehender Behälter auf Standzargen	34
22.1 Allgemeines	34
22.2 Zusätzliche Begriffe	34
22.2.1 Hohe stehende Behälter	34
22.2.2 Eigenlasten	34
22.2.3 Nutzlasten	34
22.2.4 Auf Säulen einwirkende Windlasten	34
22.2.5 Auf Säulen einwirkende Erdbebenlasten	34
22.2.6 Kräfte aufgrund von außen an Säulen angebrachten Rohrleitungen	35
22.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen	35
22.4 Lasten	36
22.4.1 Drücke	36
22.4.2 Eigenlasten	36
22.4.3 Nutzlasten	37
22.4.4 Windlasten	37
22.4.5 Erdbebenlasten	39
22.4.6 Zusätzliche Lasten an Stützen und Auflagern aufgrund von außen angebrachten Rohrleitungen	39
22.5 Lastkombinationen	39
22.6 Spannungsberechnung für Druckbehälterschalen und Standzargen	41
22.6.1 Zylindrische Druckbehälterschalen	41
22.6.2 Kegelförmige Druckbehälterabschnitte	41
22.6.3 Standzargenschale	41
22.7 Auslegung der Schweißnaht zwischen Standzarge und Druckbehälter (an gewölbtem Boden oder zylindrischer Schale)	41
22.8 Auslegung von Verankerungsschrauben und der Bodenringanordnung	41
22.9 Fundamentlasten	42

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2009/A2:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 13445-3:2009 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 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.

Dieses Dokument wurde als EN 13445-3:2009/FprA5 zur formellen Abstimmung eingereicht.

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 Änderung von 16.12

Der bestehende Text von 16.12 ist zu löschen und durch Folgendes zu ersetzen:

16.12 Stehende Behälter auf Standzargen

16.12.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält Regeln für die Auslegung von Standzargen an stehenden Behältern. Er behandelt die Standzarge selbst sowie die lokalen Spannungen im Bereich der Verbindung von Standzarge und Druckbehälterwand sowie die Auslegung des Bodenrings.

16.12.2 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen (siehe Bild 16.12-1 bis Bild 16.12-4)

Die folgenden Symbole und Abkürzungen gelten zusätzlich zu denen in Abschnitt 4 und 16.3:

a	Hebelarm durch Exzentrizität der Schalenwand
e_B	Behälterwanddicke
e_Z	Dicke der Standzarge
f_Z	Zulässige Auslegungsspannung der Standzarge
f_T	Zulässige Auslegungsspannung des Tragrings (Konstruktionsform A)
r	Innerer Krempenradius des torisphärischen Bodens
R	Innerer Wölbungsradius des torisphärischen Bodens
D_B	Mittlerer Schalendurchmesser
D_Z	Mittlerer Standzargendurchmesser
F_{Zn}	Kraft im betrachteten Schnitt ($n = p$ oder $n = q$) der Standzarge
F_G	Gewicht des Behälters ohne Inhalt
ΔF_G	Gewicht des Behälters unterhalb Schnitt 2-2
F_F	Gewicht des Behälterinhalts
M	Globales Biegemoment bei betrachteter Höhe
ΔM	Momentenerhöhung durch Schwerpunktänderung im Bereich des Ausschnitts
P_H	Hydrostatischer Druck
W	Widerstandsmoment des Tragrings nach Bild 16.12-1
α	Spannungserhöhungsfaktor (siehe Gleichungen 16.12-33 bis 16.12-36)
γ_a	Anschluss- bzw. Grenzwinkel eines gewölbten Bodens (siehe Bild 16.12-2)
γ	Teil des Anschluss- bzw. Grenzwinkels (siehe Bild 16.12-2)
σ	Spannung
Indizes:	
a	Äußere, d. h. der Mittelachse abgewandte Schalenoberfläche
b	Biegespannungsanteil (hochgestellt)
m	Membranspannung (hochgestellt)
i	Innere Schalenoberfläche
o	Äußere Schalenoberfläche

p	Nachweisort, an dem der Momentenanteil mit positiven Vorzeichen in die Schnittkraft eingeht (z. B. windzugewandte Seite)
q	Nachweisort, an dem der Momentenanteil mit negativen Vorzeichen in die Schnittkraft eingeht (z. B. windabgewandte Seite)
1	Schnitt 1-1 (siehe Bilder 16.12-1 bis 16.12-4)
2	Schnitt 2-2
3	Schnitt 3-3
4	Schnitt 4-4
5	Schnitt 5-5

16.12.3 Verbindung von Standzarge und Schale

16.12.3.1 Anwendungsbedingungen

- a) Bei hohen stehenden Behältern sind die auf die Standzarge wirkenden Lasten nach Abschnitt 22 zu bestimmen.
- b) Auf die Notwendigkeit des Vorhandenseins von Besichtigungsöffnungen ist zu achten.

16.12.3.2 Konstruktionsformen

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Konstruktionsformen sind:

- a) Konstruktionsform A: Zargenanschluss über Tragring im Zylinderbereich – Bild 16.12-1;

Standzarge zylindrisch oder kegelförmig mit Neigungswinkel $\leq 7^\circ$ zur Achse;

- b) Konstruktionsform B: Zargenanschluss im Krepfenbereich – Bild 16.12-2;

Standzarge zylindrisch oder kegelförmig mit Neigungswinkel $\leq 7^\circ$ zur Achse und im Bereich $0 \leq \gamma \leq 20^\circ$ direkt am Boden angeschweißt;

Wanddickenverhältnis $0,5 \leq e_B/e_z \leq 2,25$;

Klöpferboden oder Korbbogenboden (wie in 7.2 definiert) oder elliptischer Boden mit einem Halbachsenverhältnis $K \leq 2$ [K ist in Gleichung (7.5-18) definiert] und einer Dicke, die mindestens der eines Korbbogenbodens desselben Durchmessers entspricht;

- c) Konstruktionsform C: Übergeschobene Standzarge – Bild 16.12-3;

Über die Behälterschale geschobene und direkt angeschweißte zylindrische Standzarge;

Es wird vorausgesetzt, dass beiderseits der Anschlussnaht jeweils über eine Länge von $3e_B$ keine Störungen durch Ausschnitte, angeschlossene Böden, Behälterrundnähte usw. vorhanden sind;

Das Risiko von Spaltkorrosion ist zu beachten.

ANMERKUNG Außerhalb der vorstehenden Grenzabweichungen gelten 16.12.3.4.1 und 16.12.3.4.2 nicht. Allerdings ist 16.12.3.4.3 bei der Berechnung der bestehenden Spannungen mittels linearer Schalentheorien anwendbar.

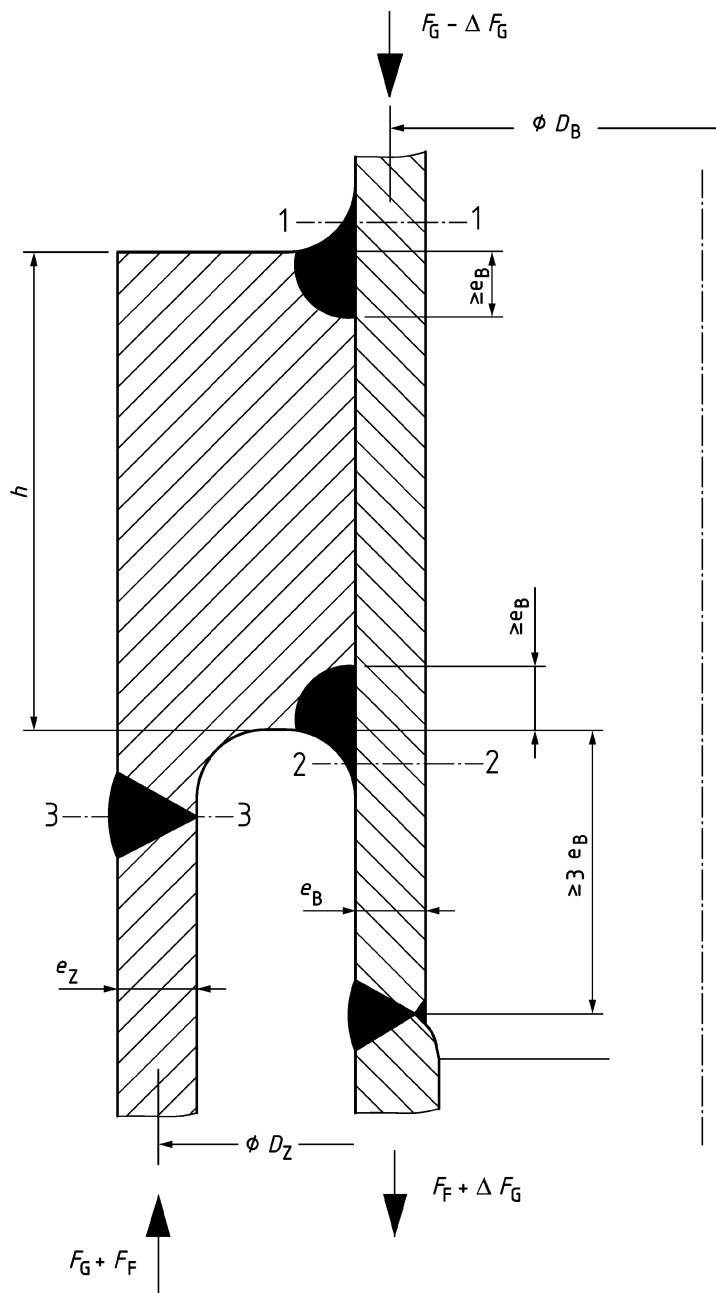


Bild 16.12-1 — Konstruktionsform A: Zargenanschluss über Tragring
(Membrankräfte aus Eigengewicht und Fluidgewicht)

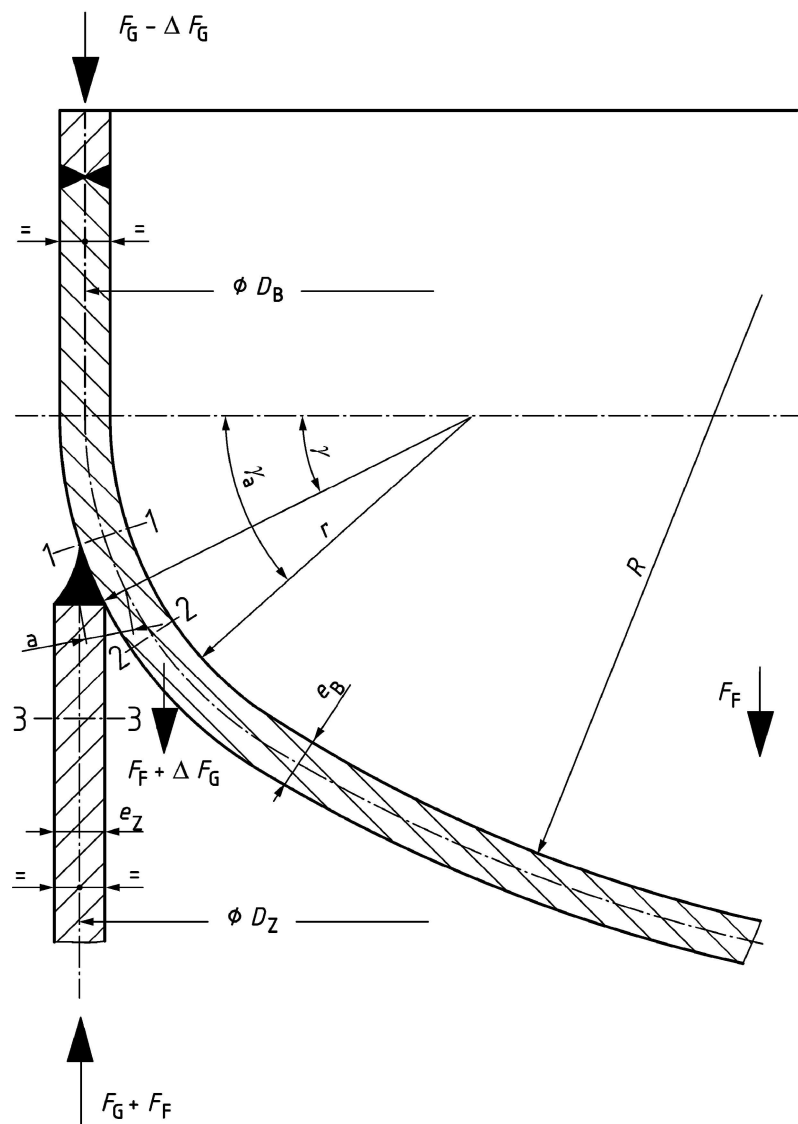


**Bild 16.12-2 — Konstruktionsform B: Zargenanschluss im Krepfenbereich
(Membrankräfte aus Eigengewicht und Fluidgewicht)**

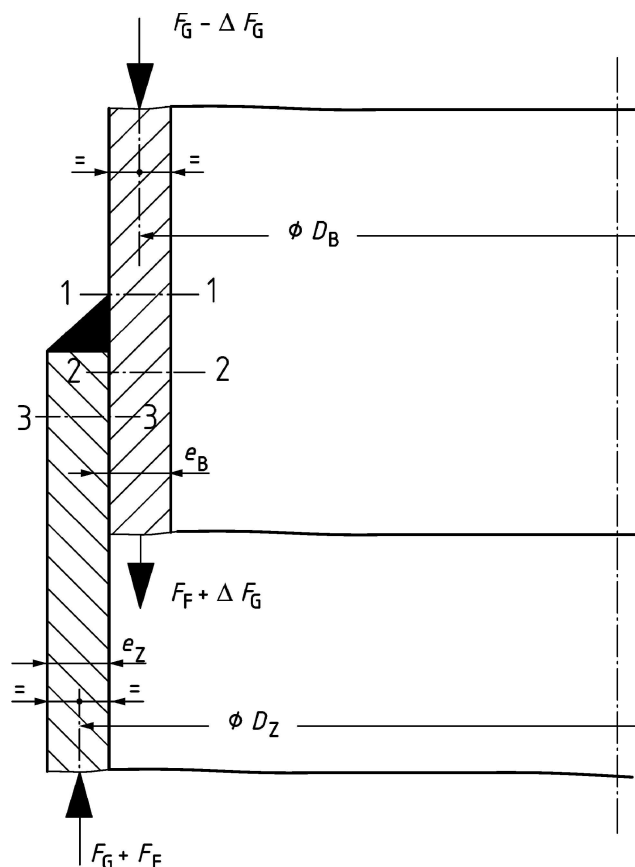


**Bild 16.12-3 — Konstruktionsform C: Übergeschobene Standzarge
(Membrankräfte aus Eigengewicht und Fluidgewicht)**

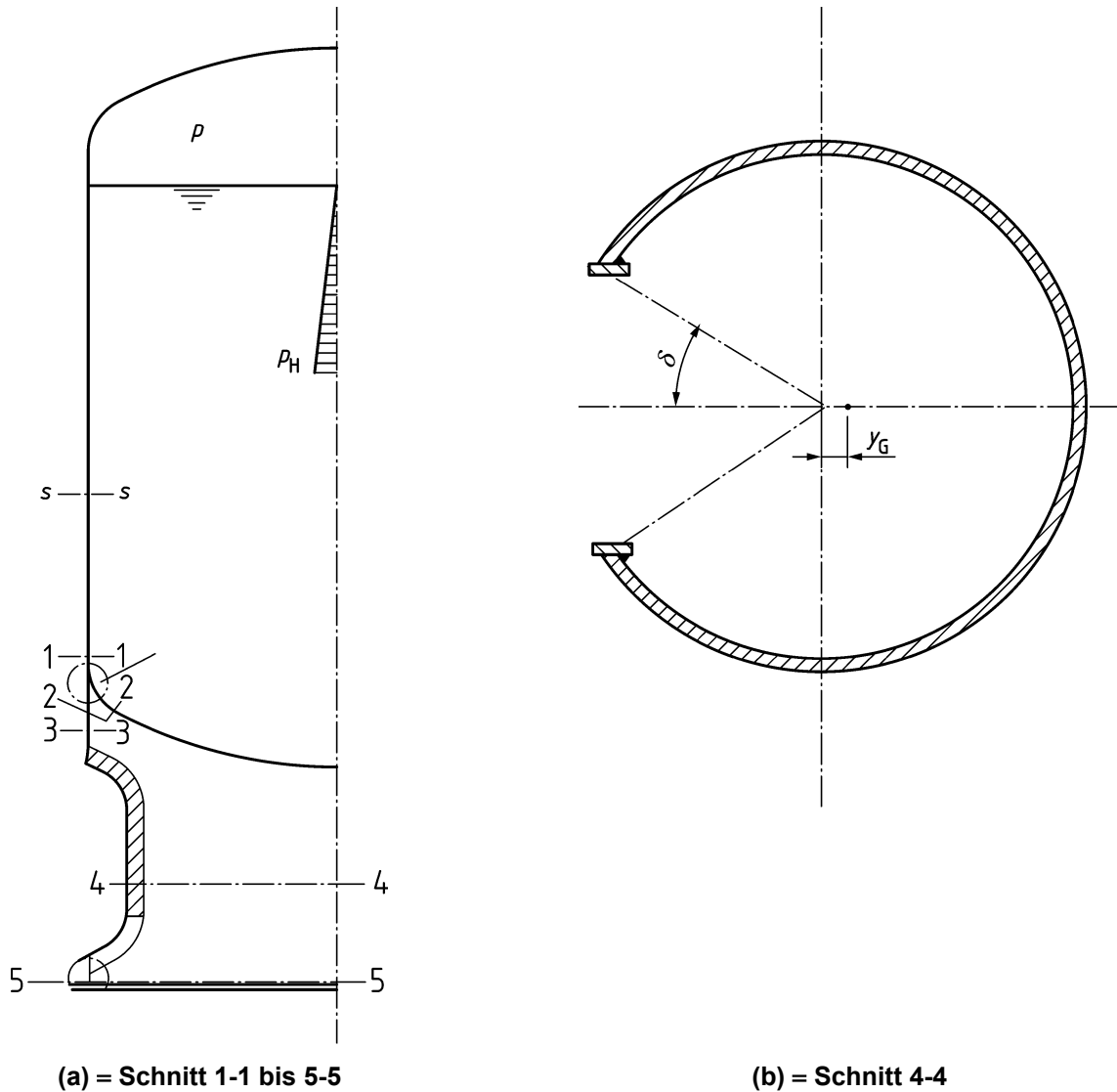


Bild 16.12-4 — Schematische Darstellung der Standzarge — Schnitte

16.12.3.3 Kräfte und Momente

Die Werte F_n und M_n am jeweils betrachteten Schnitt $n = 1$ bis $n = 4$ werden als Funktion der Kombination aller in diesem Lastfall zu betrachtenden Lasten ermittelt (siehe Bild 16.12-4). Bei abgestufter Wanddicke in der Zarge können weitere Nachweise erforderlich sein.

16.12.3.4 Nachweise in Anschlussbereichen (Schnitte 1-1, 2-2 und 3-3)

Im Anschlussbereich werden die in Bild 16.12-1 bis 16.12-3 festgelegten Schnitte 1 bis 3 nachgewiesen. Der Nachweis ist für die Membran- und die Gesamtspannungen erforderlich, wobei jeweils nur die Längskomponenten berücksichtigt werden.

Die Schnittkraft F_Z in der Standzarge im Anschlussbereich ist abhängig von der Lage (n), d. h. je nachdem, ob das Moment die Lastkomponente verstärkt (q) oder abschwächt (p):

$$F_{Zp} = -F_1 - F_G - F_F + 4 \frac{M_1}{D_Z} \quad (16.12-1)$$

$$F_{Zq} = -F_1 - F_G - F_F - 4 \frac{M_1}{D_Z} \quad (16.12-2)$$

Dabei ist

F_1 die globale zusätzliche Axialkraft in Schnitt 1-1;

M_1 das resultierende Moment aus äußeren Lasten in Schnitt 1-1 oberhalb der Verbindung zwischen druck-beaufschlagter Schale und Standzarge.

16.12.3.4.1 Membranspannungen

Das Nachweisverfahren für Membranspannungen ist für die Konstruktionsformen A, B und C gleich. Die Membranspannungen am Nachweisort in Schnitt 1-1 werden wie folgt berechnet.

$$\sigma_{1p}^m = \frac{F_{Zp} + \Delta F_G + F_F}{\pi D_B e_B} + \frac{P D_B}{4 e_B} \quad (16.12-3)$$

$$\sigma_{1q}^m = \frac{F_{Zq} + \Delta F_G + F_F}{\pi D_B e_B} + \frac{P D_B}{4 e_B} \quad (16.12-4)$$

Folgendes ist nachzuweisen:

$$|\sigma_{1p}^m| \leq f \quad (16.12-5)$$

$$|\sigma_{1q}^m| \leq f \quad (16.12-6)$$

Die erforderliche Mindestwanddicke in Schnitt 1-1 wird anhand der folgenden Gleichungen berechnet:

$$e_{1p}^m = \frac{1}{f} \left(\frac{F_{Zp} + \Delta F_G + F_F}{\pi D_B} + \frac{P D_B}{4} \right) \quad (16.12-7)$$

$$e_{1q}^m = \frac{1}{f} \left(\frac{F_{Zq} + \Delta F_G + F_F}{\pi D_B} + \frac{P D_B}{4} \right) \quad (16.12-8)$$

Die Berechnung dieser Wanddicke ist für Konstruktionsform A erforderlich.

Ist σ_{1p}^m oder σ_{1q}^m eine Druckspannung, muss ein Stabilitätsnachweis nach 16.14 geführt werden. Dieser Nachweis kann entfallen, wenn die Längsspannungskomponente kleiner ist als der 1,6fache Wert der aus dem Lastfall Vakuum oder Teilvakuum resultierenden Membran-Druckspannung in Meridianrichtung und dieser Lastfall nach Abschnitt 8 nachgewiesen wurde. Dies gilt auch für andere Schnitte im zylindrischen Bereich der Schale.

Die Membranspannung in Schnitt 2-2 ist unabhängig vom Nachweisort; sie wird wie folgt berechnet:

$$\sigma_2^m = \sigma_{2q}^m = \sigma_{2p}^m = \frac{F_F + \Delta F_G}{\pi D_B e_B} + \frac{P D_B}{4 e_B} \quad (16.12-9)$$

Folgendes ist nachzuweisen:

$$|\sigma_2^m| \leq f \quad (16.12-10)$$

Die rechnerisch erforderliche Wanddicke in Schnitt 2-2 wird anhand der folgenden Gleichung berechnet:

$$e_2^m = \frac{1}{f} \left(\frac{\Delta F_G + Z_F}{\pi D_B} + \frac{P D_B}{4} \right) \quad (16.12-11)$$

Die Berechnung dieser Wanddicke ist für Konstruktionsform A erforderlich.

Die Membranspannungen in Schnitt 3-3 der Standzarge werden wie folgt berechnet:

$$\sigma_{3p}^m = \frac{F_{Zp}}{\pi D_Z e_Z} \quad (16.12-12)$$

$$\sigma_{3q}^m = \frac{F_{Zq}}{\pi D_Z e_Z} \quad (16.12-13)$$

Folgendes ist nachzuweisen:

$$|\sigma_{3p}^m| \leq f_Z \quad (16.12-14)$$

$$|\sigma_{3q}^m| \leq f_Z \quad (16.12-15)$$

Die rechnerisch erforderliche Wanddicke in Schnitt 3-3 wird anhand der folgenden Gleichungen berechnet:

$$e_{3p}^m = \frac{1}{f_Z} \left(\frac{F_{Zp}}{\pi D_Z} \right) \quad (16.12-16)$$

$$e_{3q}^m = \frac{1}{f_Z} \left(\frac{F_{Zq}}{\pi D_Z} \right) \quad (16.12-17)$$

Die Berechnung dieser Wanddicke ist für Konstruktionsform A erforderlich.

Ist σ_{3p}^m oder σ_{3q}^m eine Druckspannung, kann der Stabilitätsnachweis auch nach 16.14 geführt werden.

16.12.3.4.2 Biegespannungen

a) Konstruktionsform A – Bild 16.12-1

Das lokale Biegemoment an den Nachweisorten p und q wird wie folgt berechnet:

$$M_p = 0,5(D_Z - D_B)F_{Zp} \quad (16.12-18)$$

$$M_q = 0,5(D_Z - D_B)F_{Zq} \quad (16.12-19)$$

Das Gesamtwiderstandsmoment des Tragrings am Nachweisort n wird wie folgt berechnet:

$$W_p = \frac{\pi}{4} \left[(D_Z + e_Z - D_B - e_B)h^2 + \left(2e_B^2 - e_{1p}^{m^2} - e_2^{m^2} \right) D_B + 0,5 \left(e_Z^2 - e_{3p}^{m^2} \right) D_Z \right] \quad (16.12-20)$$

$$W_q = \frac{\pi}{4} \left[(D_Z + e_Z - D_B - e_B)h^2 + \left(2e_B^2 - e_{1q}^{m^2} - e_2^{m^2} \right) D_B + 0,5 \left(e_Z^2 - e_{3q}^{m^2} \right) D_Z \right] \quad (16.12-21)$$

Dabei berücksichtigt der Faktor 0,5 im dritten Summanden die Art des Übergangs von der Standzarge zum Tragring nach Bild 16.12-1. Sind die zulässigen Spannungen f der Schale und/oder f_Z der Standzarge geringer als die des Tragrings f_T , ist der zweite und/oder dritte Summand in den Gleichungen (16.12-20) und (16.12-21) im Verhältnis der jeweiligen zulässigen Spannungen f/f_T und/oder f_Z/f_T zu reduzieren.

b) Konstruktionsform B – Bild 16.12-2

Die Exzentrizität a der Schalenachse verursacht am Nachweisort n folgendes Biegemoment:

$$M_p = aF_{Zp} \quad (16.12-22)$$

$$M_q = aF_{Zq} \quad (16.12-23)$$

mit

$$a = 0,5\sqrt{e_B^2 + e_Z^2 + 2e_B e_Z \cos(\gamma)} \quad (16.12-24)$$

$$\cos(\gamma) = 1 - \frac{D_B + e_B - D_Z + e_Z}{2(r + e_B)} \quad (16.12-25)$$

Die entsprechenden Biegespannungen in den Schnitten 1-1 bis 3-3 an der äußeren Oberfläche (a) werden wie folgt berechnet:

$$\sigma_{1p}^b(a) = \sigma_{2p}^b(a) = C \frac{6M_p}{\pi D_B e_B^2} \quad (16.12-26)$$

$$\sigma_{1q}^b(a) = \sigma_{2q}^b(a) = C \frac{6M_q}{\pi D_B e_B^2} \quad (16.12-27)$$

$$\sigma_{3p}^b(a) = C \frac{6M_p}{\pi D_Z e_Z^2} \quad (16.12-28)$$

$$\sigma_{3q}^b(a) = C \frac{6M_q}{\pi D_Z e_Z^2} \quad (16.12-29)$$

Der Korrekturfaktor C kann im Bereich $0,5 \leq e_B/e_Z \leq 2,25$ näherungsweise wie folgt angesetzt werden:

$$C = 0,63 - 0,057(e_B/e_Z)^2 \quad (16.12-30)$$

Diese Abhängigkeit wurde anhand numerischer Berechnungen mit dem Finite-Elemente-Verfahren ermittelt. Aufgrund der großen Anzahl der Parameter wird eine Vereinfachung vorgenommen, die unter bestimmten Umständen zu einer beträchtlichen Überdimensionierung führen kann, z. B. bei Korbbogenböden.

Diese Biegespannungskomponenten überlagern sich im Bereich der Schnitte 1-1 und 2-2 durch den Biegespannungsanteil, der durch den Innendruck in der Krempe verursacht und wie folgt berechnet wird.

$$\sigma_1^b(p) = \sigma_2^b(p) = \frac{(P + P_H)D_B}{4e_B} \left(\frac{\gamma}{\gamma_a} \alpha - 1 \right) \quad (16.12-31)$$