

DIN EN 13445-3/A16

ICS 23.020.30

Entwurf

Einsprüche bis 2019-12-11
Vorgesehen als Änderung von
DIN EN 13445-3:2018-12

**Unbefeuerte Druckbehälter –
Teil 3: Konstruktion;
Deutsche und Englische Fassung EN 13445-3:2014/prA16:2019**

Unfired pressure vessels –
Part 3: Design;
German and English version EN 13445-3:2014/prA16:2019
Récipients sous pression non soumis à la flamme –
Partie 3: Conception;
Version allemande et anglaise EN 13445-3:2014/prA16:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-10-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fnca@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 86 Seiten

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2014/prA16:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 012-00-05-03 UA „Konstruktion und Auslegung“ im DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

DIN EN 13445 besteht unter dem allgemeinen Titel *Unbefeuerte Druckbehälter* aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Allgemeines*
- *Teil 2: Werkstoffe*
- *Teil 3: Konstruktion*
- *Teil 4: Herstellung*
- *Teil 5: Inspektion und Prüfung*
- *Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit*
- *Teil 8: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Aluminium und Aluminiumlegierungen*
- *Teil 10: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Nickel und Nickellegierungen*

Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion

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

Unfired pressure vessels — Part 3: Design

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp: Änderung
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
1 Änderung zu 7.6.5, Verbindungen – Allgemeines	4
2 Änderung zu Abschnitt 16, Andere Einwirkungen als Druck.....	4
3 Änderungen zu 16.6.2, Zusätzliche Symbole und Abkürzungen	4
4 Änderungen zu 16.6.8, Einzelne Streckenlasten (siehe Bild 16.6-2 und Bild 16.6-3).....	4
5 Änderung zu 16.7.5, Lastgrenzen für die Schale	5
6 Änderung zu 16.10.1, Allgemeines	5
7 Änderungen zu 16.10.2, Zusätzliche besondere Symbole und Abkürzungen (siehe Bild 16.10-1)	5
8 Änderung zu 16.10.3, Anwendungsbedingungen	11
9 Änderungen zu 16.10.4, Aufgebrachte Lasten	12
10 Änderungen zu 16.10.5, Grenzlast der Schale.....	17
11 Ergänzung mit einem neuen Unterabschnitts 16.10.6, Tragpratzen.....	24
12 Ergänzung mit einem neuen Unterabschnitt 16.10.7, Auslegung der Schweißverbindungen.....	29
13 Änderungen zu 16.12.5.4.2, Allgemeine Anwendungsbedingung für die Typen.....	31
14 Änderungen zu 16.12.5.4.3, Nachweise für Typ 1 – Einfache Auflageplatte.....	31
15 Änderungen zu 16.12.5.4.4.1, Nachweise der Auflageplatte	31
16 Änderungen zu 16.12.5.4.4.2, Nachweise der Rippen	32
17 Änderungen zu 16.12.5.4.4.3, Nachweise der Standzarge an den Rippen	32
18 Änderung zu 16.12.5.4.5.1, Nachweis der Auflageplatte	33
19 Änderungen zu 16.12.5.4.5.2, Nachweis der Deckplatten.....	33
20 Änderungen zu 16.12.5.4.5.5, Nachweise für Typ 4 – Auflageplatte mit oberer Ringplatte	33
21 Änderungen zu 16.12.5.4.5.6, Nachweis der Standzarge an der oberen Ringplatte.....	35
22 Ergänzung um einen neuen Unterabschnitt 16.15, Globale Lasten auf der Kegelschale und kegelförmige Übergänge ohne Krempen	35
23 Änderungen zu Anhang L - Berechnungsgrundlage für andere Einwirkungen als Druck.....	42

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-3:2014/prA16:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 „Unbefeuerte Druckbehälter“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil von EN 13445-3:2014 ist.

1 Änderung zu 7.6.5, Verbindungen – Allgemeines

Die folgende ANMERKUNG hinzufügen:

„

ANMERKUNG Wenn diese Anforderung für den Abstand zu einer anderen Kegel/Zylinder-Verbindung nicht erfüllt ist, können eine Kegelschale und ein kegelförmiger Übergang ohne Krempe nach 16.15 konstruiert werden.“.

2 Änderung zu Abschnitt 16, Andere Einwirkungen als Druck

Es wird der Begriff „Gleichung (***)“ mit „Formel (***)“ und „Gleichungen (***)“ mit „Formeln (***)“ ersetzt.

3 Änderungen zu 16.6.2, Zusätzliche Symbole und Abkürzungen

Die folgenden Definitionen hinzufügen:

„

F_L ist die resultierende Kraft aufgrund der konstanten radialen Streckenlast, die auf eine Schale wirkt (siehe Bild 16.6-2 und Bild 16.6-3), $F_L > 0$ radial nach außen, $F_L < 0$ radial nach innen;

M_L ist das resultierende Moment aufgrund der variablen radialen Streckenlast, die auf eine Schale wirkt (siehe Bild 16.6-2 und Bild 16.6-3);“.

Die Definition v_1 mit der Folgenden ersetzen:

„

v_1 ist das Verhältnis zwischen lokaler Membranspannung und dem absoluten Wert der lokalen Biegespannung;“.

4 Änderungen zu 16.6.8, Einzelne Streckenlasten (siehe Bild 16.6-2 und Bild 16.6-3)

Die Formel (16.6-14) wie folgt ändern:

„

$$v_1 = \min(0,08 \times \lambda_1; 0,20) \quad \text{für } F_L > 0 \text{ und alle Werte von } M_L \quad (16.6-14a)$$

$$v_1 = -\min(0,08 \times \lambda_1; 0,20) \quad \text{für } F_L < 0 \quad (16.6-14b)“.$$

Die Formel (16.6-18) wie folgt ändern:

„

$$v_1 = \min(0,08 \times \lambda_1; 0,30) \quad \text{für } F_L > 0 \text{ und alle Werte von } M_L \quad (16.6-18a)$$

$$v_1 = -\min(0,08 \times \lambda_1; 0,30) \quad \text{für } F_L < 0 \quad (16.6-18b)“.$$

Den letzten Satz in Schritt 4) wie folgt ändern:

„

mit Biegespannungsgrenze $\sigma_{b,all}$ von 16.6.6 mit v_1 und v_2 für $F_{L,max}$ und mit v_1 und dem Absolutwert von $|v_2|$ für $M_{L,max}$ “.

5 Änderung zu 16.7.5, Lastgrenzen für die Schale

Schritt 4) wie folgt ändern:

„

- 4) Mit dem geeigneten Wert von λ , und dem Absolutwert von $|v_1|$ und $|v_2|$, die Biegespannungsgrenze von 16.6.6, Formel (16.6-6) berechnen;“.

6 Änderung zu 16.10.1, Allgemeines

Unterabschnitt 16.10.1 mit dem Folgenden ersetzen:

„

Dieser Abschnitt enthält Regeln für die Auslegung stehender zylindrischer Behälter mit Tragpratzen.

Regeln zur Auslegung der Tragpratzen sind in 16.10.6 enthalten. Es werden vier Arten von Tragpratzen in Betracht gezogen, wie in Bild 16.10-1 dargestellt. Die Regeln für die Auslegung vertikaler Behälter mit Füßen am gewölbten Boden sind in 16.11 aufgeführt. Die Konstruktion der Stützfüße ist nicht enthalten.“.

7 Änderungen zu 16.10.2, Zusätzliche besondere Symbole und Abkürzungen (siehe Bild 16.10-1)

Unterabschnitt 16.10.2 mit dem Folgenden ersetzen:

„

16.10.2 Zusätzliche besondere Symbole und Abkürzungen

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

- | | |
|-------|--|
| A_w | ist die Querschnittsfläche der Anschlussnaht der Pratte oder der Verstärkungsplatte; |
| a_e | ist die außermittige Lage der Normalkraft auf der Rippenplatte (siehe Bild 16.10-10); |
| a_s | ist die außermittige Lage der auf der Rippenplatte angewandten Last (siehe Bild 16.10-10); |
| a_1 | ist der Abstand vom Mittelpunkt der Vertikalkraft zur Schale oder Verstärkungsplatte (siehe Bild 16.10-1); |
| a_2 | ist der Abstand vom Mittelpunkt der resultierenden Horizontalkraft zur Schale oder zur Verstärkungsplatte (siehe Bild 16.10-7); |
| a_3 | ist der Abstand vom Mittelpunkt der Vertikalkraft zur Schale oder Verstärkungsplatte, gemessen entlang der Mittellinie der Rippenplatte (siehe Bild 16.10-10); |

b_s	ist die Breite der idealisierten rechteckigen Rippenplatte (siehe Bild 16.10-10);
b_1	ist die Breite der Auflageplatte (siehe Bild 16.10-1);
b_2	ist die Breite der Verstärkungsplatte (siehe Bild 16.10-1);
b_3	ist die Höhe der Verstärkungsplatte (siehe Bild 16.10-1);
b_4	ist der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Rippenplatten (siehe Bild 16.10-1);
b_5	ist der Mittelpunktabstand der Bolzen für Pratten vom Typ A, B oder C mit einer Rippenplatte oder Typ D Pratten;
D_{eq}	ist der äquivalente Berechnungsdurchmesser (siehe 16.6.3);
D_i	ist der Innendurchmesser der Zylinderschale;
d_h	ist der Durchmesser der Bohrungen;
E	ist das Elastizitätsmodul der Rippenplatte;
e_a	ist die Berechnungswanddicke der Schale;
e_n	ist die Nennwanddicke der Schale;
e_s	ist die Berechnungswanddicke der Rippenplatte (siehe Bild 16.10-1);
e_1	ist die Berechnungswanddicke der Auflageplatte (siehe Bild 16.10-1);
e_2	ist die Berechnungswanddicke der Verstärkungsplatte (siehe Bild 16.10-1)
F	ist die globale Axialkraft, die in Tabelle 22-1 als Vertikalkraft F_V für die unterschiedlichen Lastbedingungen definiert ist und bei Abwärtswirkung positiv ist; F ist die Summe von F_1 und F_2 ;
F_1	ist die globale Axialkraft, die auf den Teil des Behälters oberhalb der Unterseite der Auflageplatten wirkt und positiv ist, wenn sie nach unten wirkt;
F_2	ist die globale Axialkraft, die auf den Teil des Behälters unterhalb der Unterseite der Auflageplatten wirkt und positiv ist, wenn sie nach unten wirkt; sie beinhaltet normalerweise das Gewicht des Behälterinhalts;
F_A	ist die Vorspannkraft auf die Verankerungsschrauben;
F_B	ist die größte auf eine Verankerungsschraube wirkende Kraft aufgrund der globalen Axialkraft F und des globalen Moments M_A ;
F_H	ist die globale Horizontalkraft, die in Tabelle 22-1 als Lateralkraft F_H für die verschiedenen Lastbedingungen definiert ist;
F_{Hi}	ist die radiale Horizontalkraft, die an der Basis der Tragpratten i wirkt und positiv ist, wenn sie nach innen wirkt;

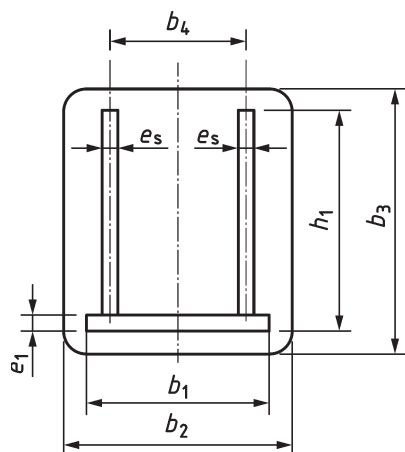
- $F_{Hi,max}$ ist die maximal zulässige radiale Horizontalkraft an der Basis der Tragpratzen;
- $F_{Hi,R}$ ist die resultierende Horizontalkraft, die an der Basis der Tragpratzen i wirkt;
- $F_{Hi,R,max}$ ist die maximal zulässige resultierende Horizontalkraft an der Basis der Tragpratzen;
- $F_{Hi,T}$ ist die tangentielle Horizontalkraft, die an der Basis der Tragpratzen i wirkt;
- $F_{Hi,T,max}$ ist die maximal zulässige tangentielle Horizontalkraft an der Basis der Tragpratzen;
- F_{Ns} ist die auf die Rippenplatte wirkende Normalkraft (siehe Bild 16.10-10);
- $F_{Ns,max}$ ist die maximal zulässige Normalkraft, die auf die Rippenplatte wirkt;
- F_{Vi} ist die Vertikalkraft nach oben, die auf die Tragpratzen i wirkt;
- f_s Berechnungsnennspannung für die Rippenplatte nach Tabelle 5.3.2.4-1 in Abhängigkeit von der Lastbedingung;
- f_1 Berechnungsnennspannung für die Auflageplatte nach Tabelle 5.3.2.4-1 in Abhängigkeit von der Lastbedingung;
- f_2 Berechnungsnennspannung für die Verstärkungsplatte nach Tabelle 5.3.2.4-1 in Abhängigkeit von der Lastbedingung;
- f_y ist die Streckgrenze für die Rippenplatte;
- h ist der vertikale Abstand von der neutralen Achse der Tragpratze zur Unterseite der Auflageplatte oder der Fußgrundfläche (siehe Bild 16.10-2 und Bild 16.10-6);
- h_A ist der vertikale Abstand von der Unterseite der Auflageplatte zur Fußgrundfläche (siehe Bild 16.10-2);
- h_S ist der vertikale Abstand von der Unterseite der Auflageplatte zur Position der horizontalen neutralen Achse der Prattenverbindung zur Schale oder Verstärkungsplatte (siehe Bild 16.10-2);
- h_1 ist die Höhe der Tragpratzen (siehe Bild 16.10-1);
- h_2 ist die Tiefe der Tragpratzen, gemessen von der Außenseite der Schale oder der Verstärkungsplatte (siehe Bild 16.10-1);
- h_3 ist die Breite des Kontakts zwischen Auflageplatte und Tragstruktur (siehe Bild 16.10-9);
- h_4 ist der horizontale Abstand von der Außenseite der Schale oder der Verstärkungsplatte zur Innenkante der Rippenplatte bei der Befestigung an der Auflageplatte (siehe Bild 16.10-10);
- h_5 ist der horizontale Abstand von der Außenseite der Schale oder der Verstärkungsplatte zur Außenkante der Rippenplatte bei der Befestigung an der Auflageplatte (siehe Bild 16.10-10);
- h_6 ist der horizontale Abstand von der Innenkante der Rippenplatte zur Mittellinie der idealisierten rechteckigen Rippenplatte bei der Befestigung an der Auflageplatte (siehe Bild 16.10-10);

I_{yy}	ist das zweite Moment der Querschnittsfläche jedes Fußes um eine Achse yy normal zur Oberfläche des Behälters;
I_{zz}	ist das zweite Moment der Querschnittsfläche jedes Fußes um eine horizontale Achse zz parallel zur Oberfläche des Behälters;
k	ist ein Beiwert;
$K_1 \dots K_{17}$	sind Beiwerte;
K_{1U}	ist ein Beiwert;
l_s	ist die Länge der idealisierten rechteckigen Rippenplatte (siehe Bild 16.10-10);
M_A	ist das gesamte globale Moment an der Mittellinie des Behälters an der Unterseite der Auflageplatten (siehe 16.10.4.1), definiert in Tabelle 22-1 als Biegemoment M_B für die verschiedenen Lastbedingungen; M_A ist die Differenz zwischen den Momenten M_{A1} und M_{A2} , die über und unter der Unterseite der Auflageplatten wirken;
M_{A1}	ist das globale Moment an der Mittellinie des Behälters, das auf den Teil des Behälters oberhalb der Unterseite der Auflageplatten wirkt;
M_{A2}	ist das globale Moment an der Mittellinie des Behälters, das auf den Teil des Behälters unterhalb der Unterseite der Auflageplatten wirkt;
M_{Ab}	ist das globale Moment an der Mittellinie des Behälters an der Fußgrundfläche (siehe 16.10.4.1);
M_L	ist das auf die Tragpratze einwirkende Längsmoment;
$M_{L,max}$	ist das auf die Tragpratze einwirkende maximal zulässige Längsmoment;
M_U	ist das auf die Tragpratze einwirkende Umfangsmoment;
$M_{U,max}$	ist das auf die Tragpratze einwirkende maximal zulässige Umfangsmoment;
n	ist die Anzahl der Tragpratzen;
n_B	ist die Anzahl der Schrauben für jede Tragpratze;
n_s	ist die Anzahl der Rippenplatten je Tragpratze;
P_1	ist der Berechnungsdruck oder Prüfdruck;
R_o	ist der Radius zur Außenseite der Schale oder der Verstärkungsplatte;
W_L	ist der elastische Widerstandsmoment der Anschlussnaht der Pratze oder der Verstärkungsplatte in Längsrichtung;
W_U	ist der elastische Widerstandsmoment der Anschlussnaht der Pratze oder der Verstärkungsplatte in Umfangsrichtung;

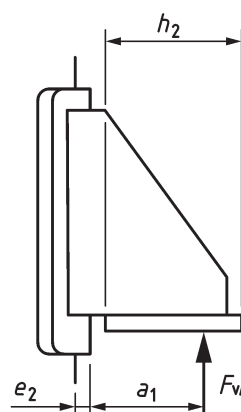
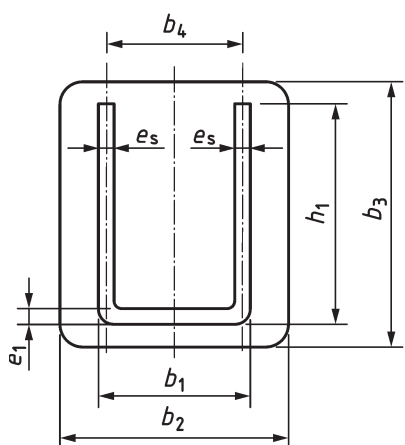
- β ist der Winkel zwischen der Richtung der Kraft $F_{Hi,max}$ und einer Linie, die normal zur Schalenoberfläche verläuft (siehe Bild 16.10-8);
- γ_{M0} & γ_{M1} sind Teilsicherheitsbeiwerte;
- δ ist der Winkel in rad angegeben zwischen der Richtung der globalen Horizontalkraft F_H und der Mittellinie der Tragpratze i (siehe Bild 16.10-3);
- λ_1 & λ_2 sind Beiwerte;
- λ_3 ist die nicht-dimensionale Schlankheit der Rippenplatte;
- θ ist der Winkel zwischen Auflageplatte und Normalkraft in der Rippenplatte (siehe Bild 16.10-10);
- σ_B ist der Lagerdruck;
- $\sigma_{b,all}$ ist die Biegespannungsgrenze der Schale;
- σ_{mx} ist die globale Membranspannung der Schale in Längsrichtung;
- σ_{my} ist die globale Membranspannung der Schale in Umfangsrichtung;
- $\sigma_{w,all}$ ist die zulässige Spannung der Anschlussnähte von Pratzen oder Verstärkungsplatten;
- $\sigma_{w,eq}$ ist die kombinierte Spannung der Anschlussnähte von Pratzen oder Verstärkungsplatten;
- σ_{wL} ist die Spannung der Anschlussnähte von Pratzen oder Verstärkungsplatte aufgrund des Längsmoments;
- σ_{wU} ist die Spannung der Anschlussnähte von Pratzen oder Verstärkungsplatte aufgrund des Umfangsmoments;
- τ_w ist die Schubspannung der Anschlussnähte von Pratzen oder Verstärkungsplatte;
- v_1 & v_2 sind Beiwerte;
- v_{1U} & v_{2U} sind Beiwerte;
- ϕ ist ein Beiwert;
- χ ist der Abminderungsfaktor.“

Bild 16.10-1 wird entfernt und mit dem Folgenden am Ende des Unterabschnitts 16.10.2 ersetzt:

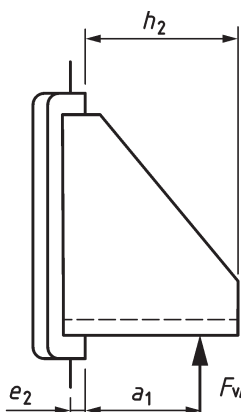
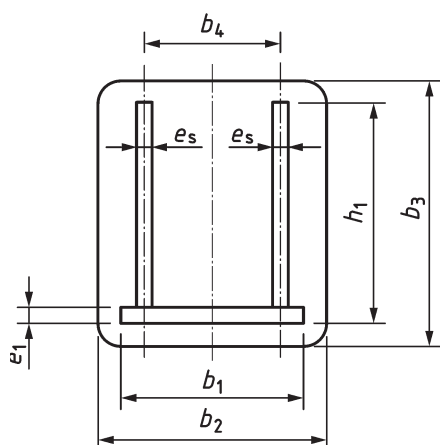
„



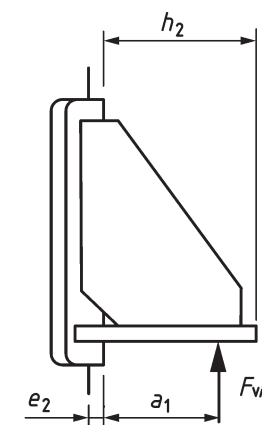
(a)



(b)



(c)



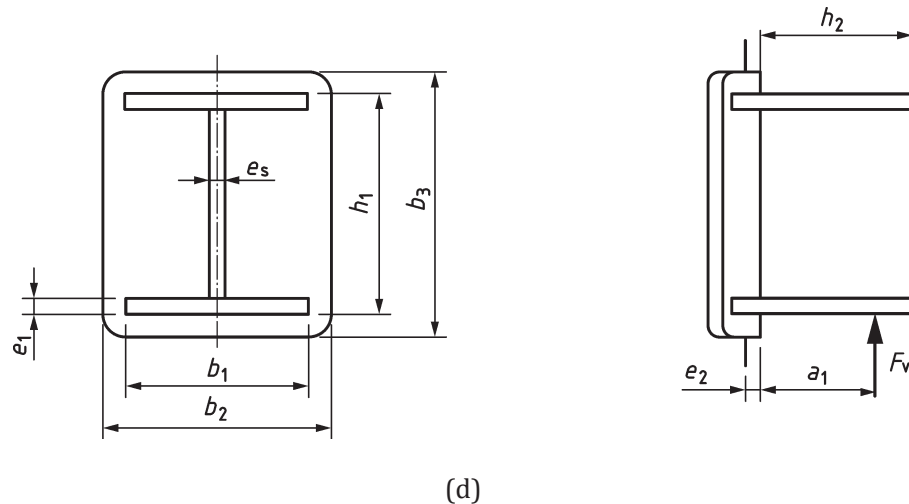


Bild 16.10-1 — Tragpratzen für stehende Behälter

8 Änderung zu 16.10.3, Anwendungsbedingungen

Unterabschnitt 16.10.3 wird wie folgt geändert:

„

16.10.3 Anwendungsbedingungen

Für die Berechnung gilt folgende Einschränkung:

- a) $0,001 \leq e_n / D_{eq} \leq 0,05$ (wobei e_n die Nennwanddicke der Schale ist und D_{eq} aus 16.6.3 Formel (16.6-1) für Zylinderschalen berechnet wird);
- b) Für Tragpratzen der Ausführungen A, B und D (Bild 16.10-1) gilt:

$$0,2 \leq b_4 / h_1 \leq 1,0;$$

- c) Für Tragpratzen der Ausführung D (Bild 16.10-1) gilt:

$$0,5 \leq b_1 / h_1 \leq 1,5;$$

- d) Bei Verwendung einer Verstärkungsplatte gilt:

$$1,0 \leq e_2 / e_n \leq 1,5;$$

$$b_3 / h_1 \leq 1,5;$$

$$b_2 / b_3 \geq 0,6;$$

- e) Die Tragpratze ist an einer Zylinderschale angebracht;
- f) Die Vertikalkraft der Pratze F_{Vi} wirkt parallel zur Schalenachse;
- g) $h_3 / h_2 \geq 1/3$ (siehe Bild 16.10-1 und Bild 16.10-9).

Folgende Anforderungen und Empfehlungen müssen ebenfalls berücksichtigen werden:

- h) Bei Verwendung von mehr als drei Tragpratzen ist bei der Montage besonders darauf zu achten, dass alle Pratzen nahezu gleichmäßig belastet werden;
- i) Besonderes Augenmerk sollte auf die Stabilität von Behältern mit zwei Pratzen gelegt werden;
- j) Pratzen der Ausführung A werden nicht für Behälter empfohlen, die erheblichen horizontalen Belastungen ausgesetzt sind.“.

9 Änderungen zu 16.10.4, Aufgebrachte Lasten

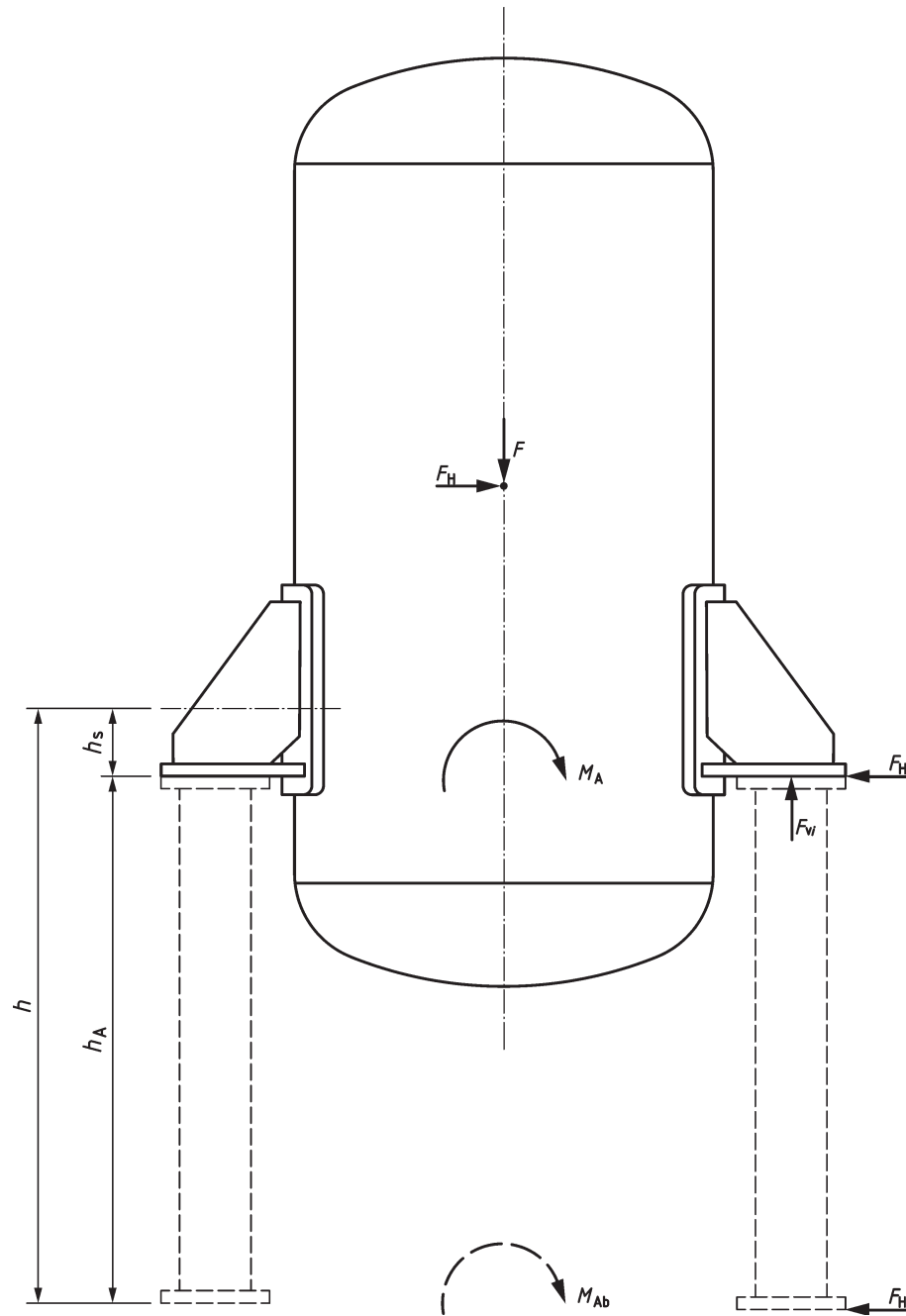
Unterabschnitt 16.10.4 wird mit Folgendem ersetzt:

”

16.10.4 Aufgebrachte Lasten

16.10.4.1 Vertikalkräfte

Die auf die Tragpratzen ausgeübte Vertikalkraft F_{Vi} ergibt sich aus Formel (16.10-1) oder Formel (16.10-2). Die globale Axialkraft F und das globale Moment M_A sind in Tabelle 22-1 als die Vertikalkraft F_V und das Biegemoment M_B für die verschiedenen Lastbedingungen definiert. Bei Pratzen, die an einer festen Struktur befestigt sind, wird das globale Moment M_A auf der Höhe der Unterseite der Auflageplatte der Pratze berechnet, und bei Pratzen, die an Stützfüßen befestigt sind, muss das Moment M_A in den Formeln (16.10-1) und (16.10-2) durch das globale Moment M_{Ab} ersetzt werden, das auf Höhe der Fußgrundfläche berechnet wurde – siehe Bild 16.10-2.



Legende

- 1 Position der horizontalen neutralen Achse der Prattenverbindung zur Schale oder Verstärkungsplatte

Bild 16.10-2 — Kräfte und Momente, die auf einen Druckbehälter wirken

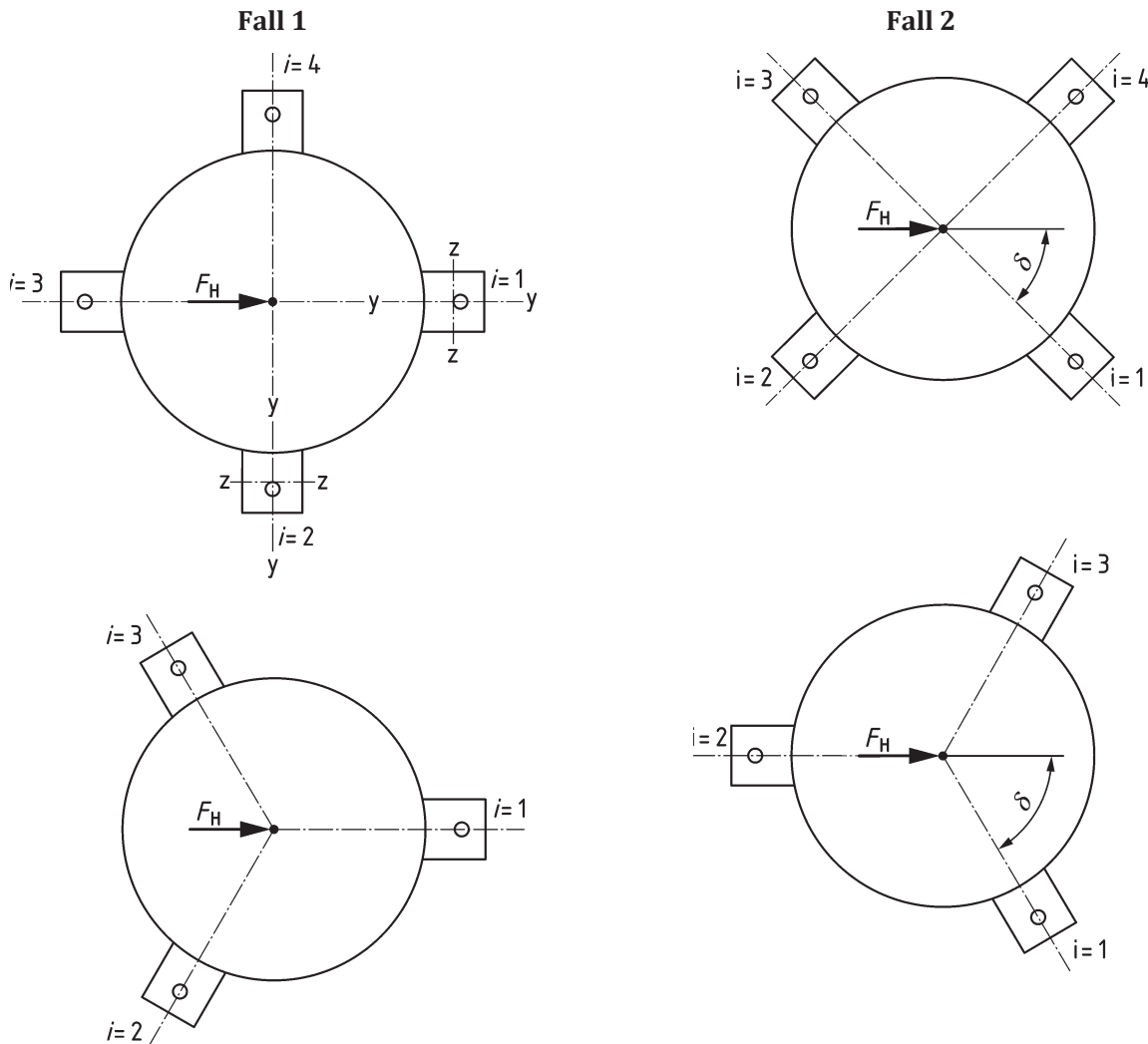


Bild 16.10-3 — Position der Tragpratzen zur Berechnung der Kräfte F_{Vi} , F_{Hi} und $F_{Hi,T}$

Bei Behältern mit zwei Tragpratzen:

$$F_{Vi} = \frac{F}{2} \pm \frac{M_A}{D_i + 2 \times (a_1 + e_a + e_2)} \quad (16.10-1)$$

Die obige Formel gilt für Fälle, in denen das globale Moment M_A nur in der Ebene durch die Mittelpunkte der Tragpratzen wirkt, und gilt nicht für den allgemeinen Fall, in dem M_A in eine beliebige Richtung wirken kann (z. B. für Wind- oder seismische Belastung).

Bei $i = 1$ (auf der rechten Seite des Behälters in Bild 16.10-2) erzeugt das globale Moment M_A eine Druckkraft auf die Tragpratzen und bei $i = 2$, auf der anderen Seite des Behälters erzeugt M_A eine Zugkraft.

Bei Behältern mit drei oder mehr Tragpratzen, wie in Bild 16.10-3 dargestellt:

$$F_{Vi} = \frac{F}{n} \pm \frac{4 \times M_A}{n \times [D_i + 2 \times (a_1 + e_a + e_2)]} \times \cos \delta \quad (16.10-2)$$

wobei δ der Winkel zwischen der Richtung der globalen Horizontalkraft F_H und der Mittellinie der Tragpratze i ist, wie in Bild 16.10-3 dargestellt.

Bei Fall 1, δ (in rad angegeben) ist gegeben durch:

$$\delta = (i - 1) \times \frac{2\pi}{n} \quad (16.10-3)$$

Bei Fall 2:

$$\delta = \frac{\pi}{n} + (i - 1) \times \frac{2\pi}{n} \quad (16.10-4)$$

Für Behälter mit drei Tragpratzen gibt es einen zusätzlichen Fall, wie in Bild 16.10-4 b) dargestellt:

Bei Fall 3:

$$\delta = \frac{\pi}{2} + (i - 1) \times \frac{2\pi}{3} \quad (16.10-5)$$

Der größte Wert von F_{Vi} tritt auf, wenn $i = 1$ für Fall 1.

16.10.4.2 Horizontalkräfte

Die Horizontalkräfte, die auf die einzelnen Tragpratzen wirken, werden nach Formeln (16.10-6), (16.10-7) oder (16.10-8) bestimmt. Die globale Horizontalkraft F_H ist in Tabelle 22-1 als Lateralkraft F_H für die verschiedenen Lastbedingungen definiert.

Bei Behältern mit zwei Tragpratzen:

$$F_{Hi,T} = F_{Hi} = \frac{F_H}{n} \quad (16.10-6)$$

Für $i = 1$ (auf der rechten Seite des Behälters in Bild 16.10-2) ist F_{Hi} positiv (wirkt nach innen) und für $i = 2$, auf der anderen Seite des Behälters ist F_{Hi} negativ.

Bei Behältern mit drei oder mehr Tragpratzen, die an nicht befestigten Füßen angebracht sind:

$$F_{Hi} = \frac{2 \times F_H \times I_{zz}}{n \times (I_{yy} + I_{zz})} \times \cos \delta \quad (16.10-7)$$

$$F_{Hi,T} = \frac{2 \times F_H \times I_{yy}}{n \times (I_{yy} + I_{zz})} \times \sin \delta \quad (16.10-8)$$

Wobei

δ sich aus Formel (16.10-3), (16.10-4) oder (16.10-5) ergibt

I_{yy} ist das zweite Moment der Querschnittsfläche eines jeden Fußes um eine Achse yy normal zur Oberfläche des Behälters (siehe Bild 16.10-3)

I_{zz} ist das zweite Moment der Querschnittsfläche eines jeden Fußes um eine Achse zz parallel zur Oberfläche des Behälters

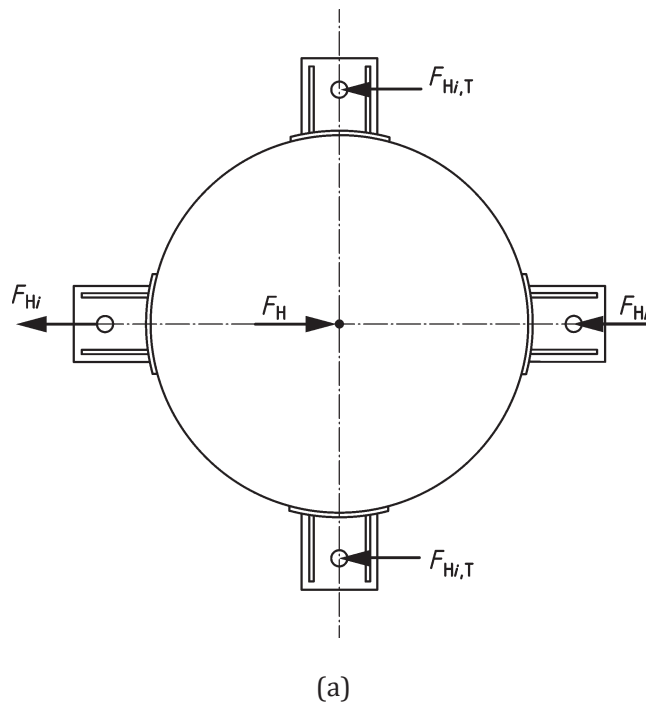
Bei Pratzen, die an einer festen Struktur angebracht sind, ist $I_{yy} = I_{zz} = 1,0$ in der oben beschriebenen Formel zu benutzen.

Der größte positive Wert von F_{Hi} tritt auf, wenn $i = 1$ für Fall 1. Bei Behältern mit einer geraden Anzahl von Prätzen tritt der größte negative Wert von F_{Hi} auf, wenn $i = (n/2 + 1)$ für Fall 1, und bei Behältern mit drei Prätzen, tritt der größte negative Wert von F_{Hi} auf, wenn $i = 2$ für Fall 2.

Die resultierende Horizontalkraft $F_{Hi,R}$ wirkt unter einem Winkel β zur Mittellinie der Prätze, wie in Bild 16.10-8 b) dargestellt:

$$F_{Hi,R} = \sqrt{F_{Hi}^2 + F_{Hi,T}^2} \quad (16.10-9)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{F_{Hi,T}}{F_{Hi}}\right) \quad (16.10-10)$$



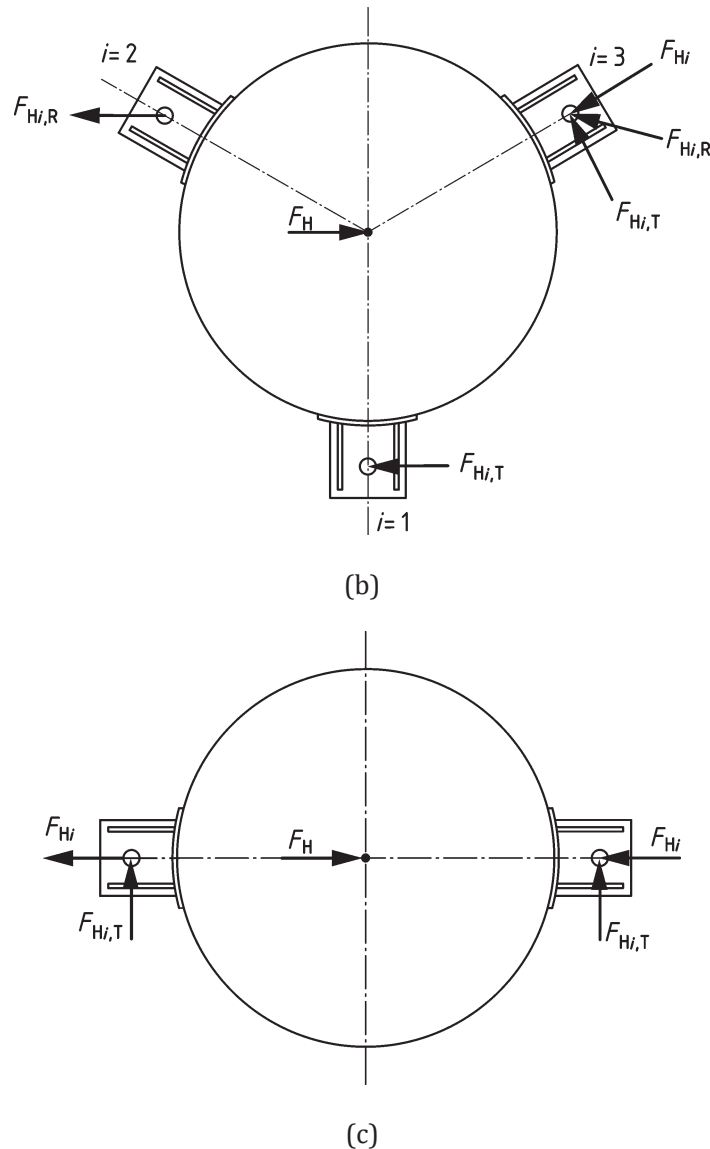


Bild 16.10-4 — Horizontalkräfte bei Behältern mit 4, 3 und 2 Tragpratzen“.

10 Änderungen zu 16.10.5, Grenzlast der Schale

Unterabschnitt 16.10.5 wird mit Folgendem ersetzt:

„

16.10.5 Grenzlast der Schale

Für Auslegungsbedingungen gilt $P_1 = P$, wie in 5.3.10 beschrieben, $K_2 = 1,25$ und $f = f_d$, wie in 6.1.3 bei Berechnungstemperatur beschrieben.

Für Prüfbedingungen gilt $P_1 = P_{\text{test}}$, wie in 5.3.2.3 beschrieben, $K_2 = 1,05$ und $f = f_{\text{test}}$, wie in 6.1.2 und 6.1.3 bei Prüftemperatur beschrieben.

16.10.5.1 Vertikalkraft

Die Grenzlast der Schale muss wie folgt ermittelt werden:

- 1) Feststellen, um welche Pratzenausführung es sich handelt: A, B, C oder D (siehe Bild 16.10-1).
- 2) Wird eine Verstärkungsplatte verwendet, mit Schritt 7 fortfahren.
- 3) Die Parameter K_{16} , λ_1 , ν_1 und ν_2 bestimmen:
 - a) Für Pratzten der Ausführungen A, B und C gilt:

$$\lambda_1 = \frac{h_1}{\sqrt{D_{eq} \times e_a}} \quad (16.10-11)$$

Für Ausführung A ist h_1 mit $(h_1 - e_1)$ in der oben angegebenen Formel zu ersetzen.

$$K_{16} = \frac{1}{\sqrt{0,36 + 0,40\lambda_1 + 0,02\lambda_1^2}} \quad (16.10-12)$$

$$\nu_1 = \min(0,08 \times \lambda_1; 0,30) \quad (16.10-13)$$

$$\sigma_{my} = \frac{P_1 \times D_{eq}}{2 \times e_a} \quad (16.10-14)$$

$$\nu_2 = \frac{|\sigma_{my}|}{K_2 \times f} \quad (16.10-15)$$

- b) Für Pratzten der Ausführung D gilt:

$$\lambda_1 = \frac{b_1}{\sqrt{D_{eq} \times e_a}} \quad (16.10-16)$$

$$K_{16} = \frac{1}{\sqrt{0,36 + 0,86\lambda_1^2}} \quad (16.10-17)$$

$$\nu_1 = \min(0,08 \times \lambda_1; 0,30) \quad (16.10-18)$$

$$\sigma_{mx1} = \frac{P_1 \times D_{eq}}{4 \times e_a} - \frac{1}{\pi \times D_{eq} \times e_a} \times \left(F_1 + \frac{4 \times M_{A1}}{D_{eq}} \times \cos \delta \right) \quad (16.10-19)$$

$$\sigma_{mx2} = \frac{P_1 \times D_{eq}}{4 \times e_a} - \frac{1}{\pi \times D_{eq} \times e_a} \times \left(-F_2 + \frac{4 \times M_{A2}}{D_{eq}} \times \cos \delta \right) \quad (16.10-20)$$

$$\sigma_{mx} = \max(|\sigma_{mx1}|; |\sigma_{mx2}|) \quad (16.10-21)$$

Der Wert von $\sigma_{b,all}$ muss für die relevante Position der Pratzte berechnet werden (siehe Schritt 4 unten). Auf einer Seite des Behälters (auf der rechten Seite in Bild 16.10-2) erzeugen die globalen Momente M_{A1} und M_{A2} Druckspannungen in Längsrichtung in der Schale und auf der anderen Seite des Behälters erzeugen M_{A1} und M_{A2} Zugspannungen.

ANMERKUNG Es ist konservativ, den größten absoluten Wert von σ_{mx} für alle Positionen der Pratzten zu verwenden.

$$v_2 = \frac{\sigma_{mx}}{K_2 \times f} \quad (16.10-22)$$

- 4) Mit den entsprechenden Werten von v_1 und v_2 ist der Beiwert K_1 und die zulässige Biegespannungsgrenze $\sigma_{b,all}$ zu berechnen:

$$K_1 = \frac{1 - v_2^2}{\frac{1}{3} + v_1 \times v_2 + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + v_1 \times v_2\right)^2 + (1 - v_2^2) \times v_1^2}} \quad (16.10-23)$$

$$\sigma_{b,all} = K_1 \times K_2 \times f \quad (16.10-24)$$

- 5) Der vertikale Abstand h_s von der Unterseite der Auslageplatte bis zur Position der horizontalen neutralen Achse der Verbindung der Prätze zur Schale oder Verstärkungsplatte ist zu berechnen:

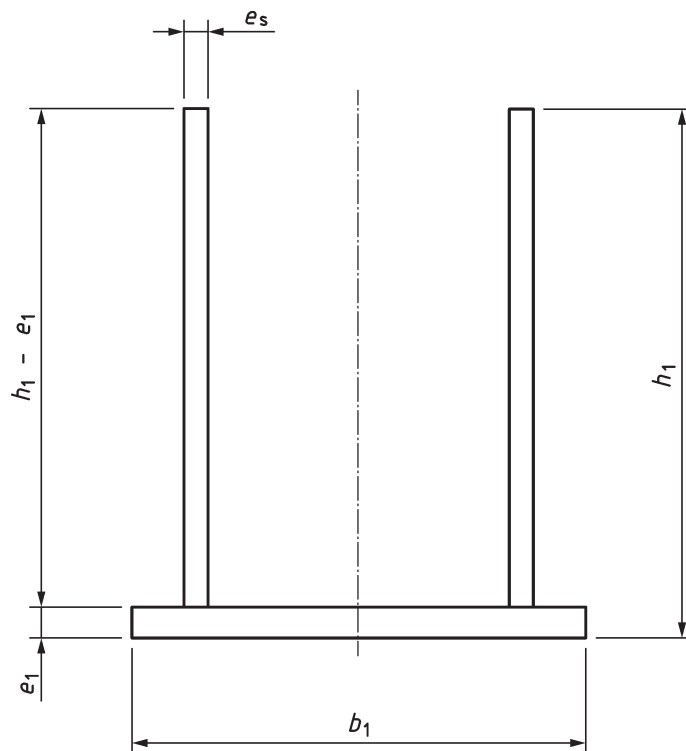


Bild 16.10-5 — Vertikaler Schnitt durch eine Prätze zur Berechnung der Position der horizontalen neutralen Achse

Bei Prätzenausführung A (Auslageplatte nicht mit der Schale oder der Verstärkungsplatte verschweißt):

$$h_s = \frac{(h_1 \times e_1)}{2} + e_1 \quad (16.10-25)$$

Für Tragprätzen der Ausführungen B und C (siehe Bild 16.10-5) gilt:

$$h_s = \frac{b_1 \times e_1^2 + n_s \times (h_1^2 - e_1^2) \times e_s}{2 \times [b_1 \times e_1 + n_s \times (h_1 - e_1) \times e_s]} \quad (16.10-26)$$

Für Pratzen der Ausführung D gilt:

$$h_s = \frac{h_1}{2} \quad (16.10-27)$$

Der vertikale Abstand h von der neutralen Achse der Pratze zur Unterseite der Auslageplatte oder der Fußgrundfläche ist zu berechnen (siehe Bild 16.10-2).

Für Pratzen, die an festen Strukturen angebracht sind, gilt:

$$h = h_s \quad (16.10-28)$$

Für Pratzen, die an der oberen Seite von nicht befestigten Fußstützen angebracht sind, gilt:

$$h = h_A + h_s \quad (16.10-29)$$

- 6) Das Längsmoment und das maximal zulässige Moment sind zu berechnen.

$$M_L = F_{Vi} \times a_1 - F_{Hi} \times h \quad (16.10-30)$$

Die Werte von F_{Vi} und F_{Hi} sind für die relevanten Positionen der Pratzen unter Verwendung der Formeln aus 16.10.4.1 und 16.10.4.2 zu berechnen.

Bei Pratzen, die an festen Strukturen angebracht sind, tritt das größte Längsmoment ein, wenn $i = 1$ für Fall 1. Bei Pratzen, die an der oberen Seite von nicht befestigten Fußstützen angebracht sind, kann das größte Längsmoment auf der anderen Seite des Behälters eintreten, wenn z. B. $i = (n/2 + 1)$ für Fall 1 für Behälter mit einer geraden Anzahl an Pratzen ist, oder wenn $i = 2$ für Fall 2 für Behälter mit drei Pratzen ist.

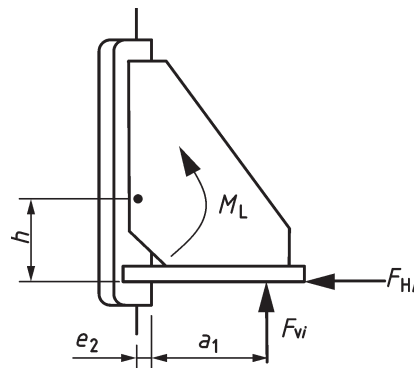


Bild 16.10-6 — Längsmoment an Tragpratze

Für Pratzen der Ausführungen A, B und C gilt:

$$M_{L,max} = \frac{\sigma_{b,all} \times e_a^2 \times h_1}{K_{16}} \times \min\left(1; 0,5 + \frac{b_4}{h_1}\right) \quad (16.10-31)$$

Für Ausführung A ist h_1 mit $(h_1 - e_1)$ in der oberen Formel zu ersetzen.

Für Pratzen der Ausführung D gilt:

$$M_{L,max} = \frac{\sigma_{b,all} \times e_a^2 \times h_1}{K_{16}} \quad (16.1-32)$$

Bei Pratzen ohne Verstärkungsplatten ist mit Schritt 11 fortzufahren.

- 7) Für Prutzen mit Verstärkungsplatten sind die Parameter K_{17} , λ_1 , v_1 und v_2 zu bestimmen:

$$\lambda_1 = \frac{b_3}{\sqrt{D_{eq} \times e_a}} \quad (16.10-33)$$

$$K_{17} = \frac{1}{\sqrt{0,36 + 0,50\lambda_1 + 0,50\lambda_1^2}} \quad (16.10-34)$$

$$v_1 = \min(0,08 \times \lambda_1; 0,40) \quad (16.10-35)$$

$$\sigma_{my} = \frac{P_1 \times D_{eq}}{2 \times e_a} \quad (16.10-36)$$

$$v_2 = \frac{|\sigma_{my}|}{K_2 \times f} \quad (16.10-37)$$

- 8) Mit den entsprechenden Werten von v_1 und v_2 ist der Beiwert K_1 nach Formel (16.10-23) und die zulässige Biegespannungsgrenze $\sigma_{b,all}$ nach Formel (16.10-24) zu berechnen.

- 9) Der vertikale Abstand h_s ist für Prutzen mit Verstärkungsplatten zu berechnen:

$$h_s = \frac{h_1}{2} \quad (16.10-38)$$

Der vertikale Abstand h ist nach Formel (16.10-28) für Prutzen, die an einer festen Struktur angebracht sind, oder nach Formel (16.10-29) für Prutzen, die an der oberen Seite von nicht befestigten Fußstützen befestigt sind, zu berechnen.

- 10) Das Längsmoment und das maximal zulässige Moment sind zu berechnen:

$$M_L = F_{Vi} \times (a_1 + e_2) - F_{Hi} \times h \quad (16.10-39)$$

Die Werte von F_{Vi} und F_{Hi} sind für die relevanten Positionen der Prutzen unter Verwendung der Formeln aus 16.10.4.1 und 16.10.4.2 zu berechnen.

$$M_{L,max} = \frac{\sigma_{b,all} \times e_a^2 \times b_3}{K_{17}} \quad (16.10-40)$$

- 11) Dabei muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$|M_L| \leq M_{L,max} \quad (16.10-41)$$

16.10.5.2 Horizontalkräfte

Die Grenzlaster der Schale ist wie folgt zu ermitteln:

- 1) Feststellen, um welche Prutzenausführung es sich handelt: A, B, C oder D (siehe Bild 16.10-1).

Dieses Verfahren gilt nicht für Prutzenausführung A.

- 2) Berechnung des Beiwerts λ_2 :

bei Prutzen ohne Verstärkungsplatten:

$$\lambda_2 = \frac{b_1}{\sqrt{D_{eq} \times e_a}} \quad (16.10-42)$$

bei Prätzen mit Verstärkungsplatten:

$$\lambda_2 = \frac{b_2}{\sqrt{D_{eq} \times e_a}} \quad (16.10-43)$$

3) Die Parameter K_{13} , K_{14} , K_{15} , v_{1U} und v_{2U} sind zu bestimmen:

$$K_{13} = \frac{1}{1,2 \times \sqrt{1 + 0,6\lambda_2^2}} \quad (16.10-44)$$

$$K_{14} = \frac{1}{0,6 \times \sqrt{1 + 0,06\lambda_2^2}} \quad (16.10-45)$$

$$v_{1U} = \min(0,08 \times \lambda_2; 0,30) \quad (16.10-46)$$

bei Prätzen mit Verstärkungsplatten:

$$K_{15} = \min \left[1 + 2,65 \times \left(\frac{D_{eq}}{e_a} \right)^{0,33} \times \left(\frac{b_3}{D_{eq}} \right); 1,8 \right] \quad (16.10-47)$$

4) Der Wert von σ_{mx} ist nach Formel (16.10-21) zu bestimmen.

$$v_{2U} = \frac{\sigma_{mx}}{K_2 \times f} \quad (16.10-48)$$

5) Mit den entsprechenden Werten von v_{1U} und v_{2U} ist der Beiwert K_{1U} und die zulässige Biegespannungsgrenze $\sigma_{b,all,U}$ zu berechnen:

$$K_{1U} = \frac{1 - v_{2U}^2}{\frac{1}{3} + v_{1U} \times v_{2U} + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + v_{1U} \times v_{2U} \right)^2 + (1 - v_{2U}^2) \times v_{1U}^2}} \quad (16.10-49)$$

$$\sigma_{b,all,U} = K_{1U} \times K_2 \times f \quad (16.10-50)$$

6) Das Umfangsmoment und das maximal zulässige Moment sind zu berechnen.

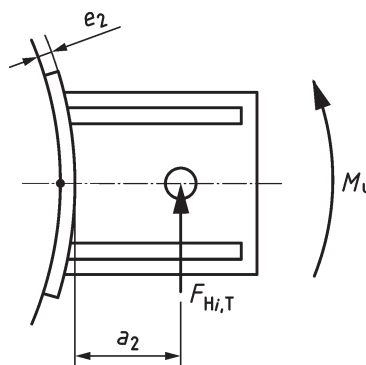


Bild 16.10-7 — Umfangsmoment an Tragprätzen

bei Prätzen ohne Verstärkungsplatten:

$$M_U = F_{Hi,T} \times a_2 \quad (16.10-51)$$

$$M_{U,max} = \frac{\sigma_{b,all,U} \times e_a^2 \times b_1}{K_{14}} \quad (16.10-52)$$

bei Prätzen mit Verstärkungsplatten:

$$M_U = F_{Hi,T} \times (a_2 + e_2) \quad (16.10-53)$$

$$M_{U,max} = \frac{K_{15} \times \sigma_{b,all,U} \times e_a^2 \times b_2}{K_{14}} \quad (16.10-54)$$

Dabei muss die folgende Bedingung erfüllt sein:

$$|M_U| \leq M_{U,max} \quad (16.10-55)$$

- 7) Die maximal zulässigen Horizontalkräfte sind an der Behälterwand mit einer Anordnung, wie in Bild 16.10-8 gezeigt, zu berechnen.

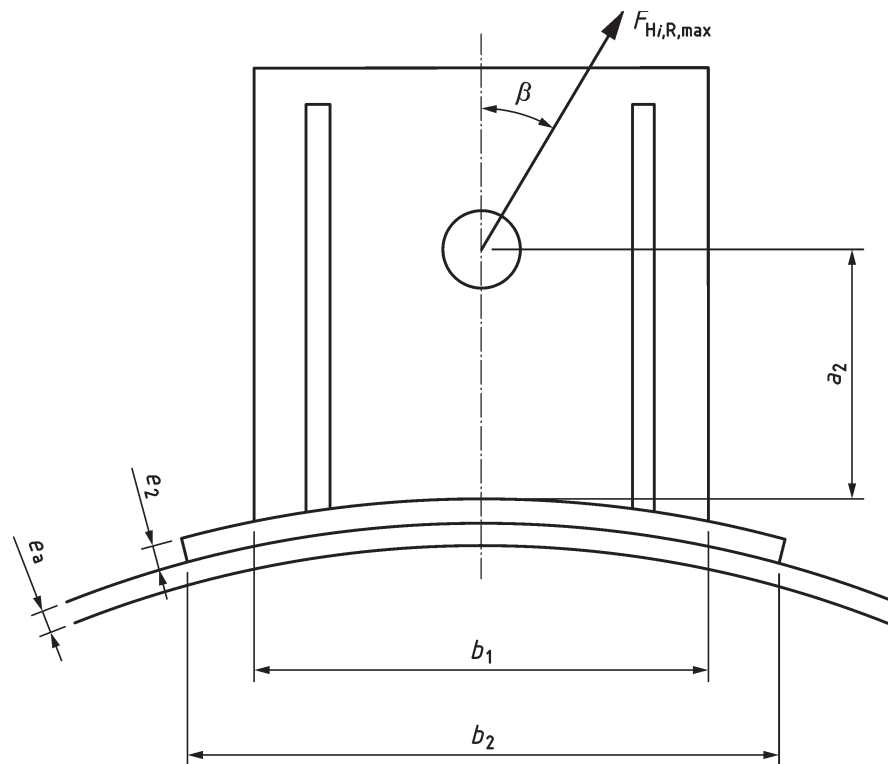


Bild 16.10-8 — Resultierende zulässige Horizontalkraft $F_{Hi,R,max}$ an Tragprätzen

Bei Prätzen ohne Verstärkungsplatten:

$$F_{Hi,R,max} = \frac{\sigma_{b,all,U} \times e_a^2}{K_{13} \times |\cos \beta| + K_{14} \times \left| \frac{a_2 \times \sin \beta}{b_1} \right|} \quad (16.10-56)$$

Bei Prätzen mit Verstärkungsplatten:

$$F_{Hi,R,max} = \frac{K_{15} \times \sigma_{b,all,U} \times e_a^2}{K_{13} \times |\cos \beta| + K_{14} \times \left| \frac{(a_2 + e_2) \times \sin \beta}{b_2} \right|} \quad (16.10-57)$$

Der Wert von $\sigma_{b,all,U}$ muss nach der Formel (16.10-50) für die relevante Position der Prätze unter Verwendung des Werts von σ_{mx} nach Formel (16.10-21) berechnet werden.

Zur Berechnung der maximal zulässigen Radialkraft $F_{Hi,max}$ ist $\beta = 0^\circ$ in Formel (16.10-56) und (16.10-57) zu verwenden; und zur Berechnung der maximal zulässigen Tangentialkraft $F_{Hi,T,max}$ ist $\beta = 90^\circ$ zu verwenden.

Dabei müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

$$|F_{Hi,R}| \leq F_{Hi,R,max} \quad (16.10-58)$$

$$|F_{Hi}| \leq F_{Hi,max} \quad (16.10-59)$$

$$|F_{Hi,T}| \leq F_{Hi,T,max} \quad (16.10-60)$$

8) Wechselwirkung der radialen Horizontalkraft mit Längs- und Umfangsbiegemomenten.

Es ist zu überprüfen, dass die Wechselwirkung der Lasten die folgende Gleichung erfüllt:

$$\left(\frac{F_{Hi}}{F_{Hi,max}} \right)^2 + \left(\frac{M_L}{M_{L,max}} \right)^2 + \left(\frac{M_U}{M_{U,max}} \right)^2 \leq 1,0 \quad (16.10-61)$$

ANMERKUNG Die größten Werte von F_{Hi} , M_L und M_U treten im Allgemeinen nicht an derselben Position der Prätzen auf.“

11 Ergänzung mit einem neuen Unterabschnitts 16.10.6, Tragpratzen

Der folgende Unterabschnitt wird eingefügt:

„