

DIN EN 1993-4-1/A1

ICS 65.040.20; 91.010.30; 91.080.10

Entwurf

Einsprüche bis 2016-10-12
Ersatz für
E DIN EN 1993-4-1/A1:2014-10;
vorgesehen als Änderung von
DIN EN 1993-4-1:2010-12

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 4-1: Silos;
Deutsche und Englische Fassung EN 1993-4-1:2007/prA1:2016**

Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 4-1: Silos;
German and English version EN 1993-4-1:2007/prA1:2016

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 4-1: Silos;
Version allemande et anglaise EN 1993-4-1:2007/prA1:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-08-12 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 des 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 nabau@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 Bauwesen (NABau), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 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 53 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-4-1:2007/prA1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung (SpA CEN/TC 250/SC 3)“ begleitet.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der EN 1993-4-1:2007/prA1:2016 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm- Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-1: Silos

Eurocode 3: Calcul des structures en acier — Partie 4-1 : Silos

Eurocode 3: Design of steel structures — Part 4-1: Silos

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
1 Änderung im Vorwort.....	4
2 Änderung in 1.2, Normative Verweisungen.....	4
3 Änderung in 1.6.1, Lateinische Großbuchstaben.....	4
4 Änderung in 1.6.2, Lateinische Kleinbuchstaben	4
5 Änderung in 2.7, Modellierung des Silos zur Berechnung der Beanspruchungen	4
6 Änderung in 2.9.1, Allgemeines.....	4
7 Änderung in 2.9.2.2, Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand	5
8 Änderung in 2.10, Dauerhaftigkeit.....	5
9 Änderung in 4.2.2.1, Allgemeines	5
10 Änderung in 4.2.2.3, Schadensfolgeklasse 2	6
11 Änderung in 4.4, Orthotrope Ersatzsteifigkeiten von profilierten Wellblechen.....	6
12 Änderung in 5.3.2.4, Beulen unter Axialdruckbeanspruchung	9
13 Änderung in 5.3.2.5, Beulen unter Außendruck – Teilvakuum und/oder Windlast	10
14 Änderung in 5.3.2.6, Beulen unter Membranschubbeanspruchung.....	10
15 Änderung in 5.3.3.3, Beulen unter Axialdruckbeanspruchung.....	10
16 Änderung in 5.3.4.1, Allgemeines	13
17 Änderung in 5.3.4.2, Plastische Grenze oder Zugbruch.....	13
18 Änderung in 5.3.4.3.1, Allgemeines.....	14
19 Änderung in 5.3.4.3.3, Versteifte Wand – als orthotrope Schale behandelt.....	14
20 Änderung in 5.3.4.3.4, Versteifte Wand – als Reihe Axialkraft tragender Längssteifen behandelt.....	15
21 Änderung in 6.3.1, Allgemeines.....	19
22 Änderung in 6.3.2.5, Örtliche Biegung an der Abzweigung.....	19
23 Änderung in 6.3.2.7, Beulen der Trichterwand	20
24 Änderung in 6.4.1, Unterstützungs konstruktion.....	21
25 Änderung in 8.2.2, Gleichmäßig unterstützte Abzweigungsbereiche	21
26 Änderung in 8.3.4.3, Abzweigung mit Plattenring.....	23
27 Änderung in 8.5.3, Basisring.....	23
28 Änderung in 9.4.1, Allgemeines.....	23
29 Änderung in 9.4.2, Gesamtbiegung aus direkter Einwirkung des Schüttgutes.....	24
30 Änderung in 9.5.1, Durch Schüttgut verursachte Kräfte in innen liegenden Zugankern.....	24

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-4-1:2007/prA1:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

1 Änderung im Vorwort

Im Abschnitt „Nationaler Anhang zu EN 1993-4-1“ ist der folgende Eintrag:

„

– 6.3.2.7 (3)“

durch:

„

– 6.3.2.7 (4)“

zu ersetzen.

2 Änderung in 1.2, Normative Verweisungen

Im Eintrag bezüglich EN 1990 ist „EN 1990“ durch „EN 1990:2002“ zu ersetzen.

Im Eintrag bezüglich EN 1993 ist in der Liste „Teil 1.6:“ durch „Teil 1.6:2007“ zu ersetzen.

3 Änderung in 1.6.1, Lateinische Großbuchstaben

Das Formelzeichen:

„ R_{ϕ} örtlicher Radius an den Kuppen (Wellenberg bzw. -tal) eines Profilbleches (Wellbleches).“

ist wie folgt zu ersetzen:

„ r_{ϕ} örtlicher Radius an den Kuppen (Wellenberg bzw. -tal) eines Profilbleches (Wellbleches).“

4 Änderung in 1.6.2, Lateinische Kleinbuchstaben

Das Formelzeichen:

„ ℓ Wellenlänge der Profilierung in Profilblechen;“

ist wie folgt zu ersetzen:

„ l Wellenlänge der Profilierung in Profilblechen;“.

5 Änderung in 2.7, Modellierung des Silos zur Berechnung der Beanspruchungen

Absatz (1)P ist durch den folgenden zu ersetzen:

„(1)P Es gelten die allgemeinen Anforderungen nach EN 1990.“.

6 Änderung in 2.9.1, Allgemeines

Absatz (1)P ist durch den folgenden zu ersetzen:

„(1)P Es gelten die allgemeinen Anforderungen nach EN 1990.“.

7 Änderung in 2.9.2.2, Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand

Zwei neue Absätze (4) und (5) sind nach Absatz (3)P zu ergänzen:

„(4) Wird warmgewalzter Profilstahl als Teil einer Silostruktur verwendet, dann sollte der entsprechende Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand (für die Beanspruchbarkeit) aus EN 1993-1-1 entnommen werden.

(5) Wird kaltgeformter Profilstahl als Teil einer Silostruktur verwendet, dann sollte der entsprechende Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand (für die Beanspruchbarkeit) aus EN 1993-1-3 entnommen werden.“.

8 Änderung in 2.10, Dauerhaftigkeit

Absatz (1) ist durch den folgenden zu ersetzen:

„(1) In der Regel gelten die allgemeinen Anforderungen nach EN 1990:2002, 2.4.“.

9 Änderung in 4.2.2.1, Allgemeines

Die folgenden neuen Absätze (3) bis (6) sind nach Absatz (2) zu ergänzen:

„(3) Wird der Silo mit unsymmetrischer Belastung aus dem Schüttgut (Teilflächenlast, exzentrisches Entleeren, unsymmetrisches Befüllen usw.) beaufschlagt, sollte das Tragwerk so modelliert werden, dass die Übertragung von Schubmembrankräften innerhalb der Silowand sowie zwischen Silowand und Ringen erfasst wird.

ANMERKUNG Die Schubübertragung zwischen Teilen der Wand und den Ringen ist besonders wichtig in Konstruktionen mit Schrauben oder anderen diskreten Verbindungsmitteln (z. B. zwischen Silowand und Trichter, zwischen Zylinderwand und Vertikalsteifen oder Auflager sowie zwischen verschiedenen Schüssen des Zylinders).

(4) Wird ein Ringträger zur Umverteilung der Silowandkräfte in diskrete Auflager verwendet und wenn Schrauben oder diskrete Verbindungsmittel zum Verbinden der Konstruktionselemente verwendet werden, sollte die Schubübertragung zwischen den Teilen des Rings bedingt durch die Schalen- und Ringträgerbiegung ermittelt werden.

(5) Die Steifigkeit des gelagerten Schüttgutes sollte nur dann bei der Verringerung der Wandverformungen oder bei der Erhöhung des Beulwiderstandes des Schalentragwerks berücksichtigt werden, wenn eine rationale Analyse durchgeführt wurde und eindeutige Beweise dafür vorliegen, dass das Schüttgut an der Wand an der festgelegten Stelle während der Entleerung nicht rutscht. In derartigen Situationen sollten die entsprechenden Angaben in Bezug auf das Fließprofil, den Druck im Schüttgut und die Eigenschaften des spezifischen gelagerten Schüttgutes nach EN 1991-4 bestimmt werden.

(6) Wenn ein Wellblechsilo Massenfluss aufweist, sollte das innerhalb der Profilbleche (Wellbleche) befindliche Schüttgut nicht als stationär in (5) angesehen werden.“.

10 Änderung in 4.2.2.3, Schadensfolgeklasse 2

Die folgenden Absätze (10) bis (12) sind zu streichen:

„(10) Bei Silos mit unsymmetrischer Belastung aus dem Schüttgut (Teilflächenlast, exzentrisches Entleeren, unsymmetrisches Befüllen usw.) sollte das Tragwerk so modelliert werden, dass die Übertragung von Schubmembrankräften innerhalb der Silowand sowie zwischen Silowand und Ringen erfasst wird.

ANMERKUNG Die Schubübertragung zwischen Teilen der Wand und den Ringen ist besonders wichtig in Konstruktionen mit Schrauben oder anderen diskreten Verbindungsmitteln (z. B. zwischen Siloschaft und Trichter oder zwischen verschiedenen Schüssen des Schaftes).

(11) In einer geschraubten oder mit anderen diskreten Verbindungsmitteln ausgeführten Silokonstruktion sollten bei Anordnung eines Ringträgers über diskreten Auflagern die Schubkräfte zwischen den Ringträger-Einzelteilen infolge Schalen- und Ringträgerbiegung ermittelt werden.

(12) Die Steifigkeit des Schüttgutes sollte nicht rechnerisch zur Verringerung der Wandverformungen oder zur Erhöhung des Beulwiderstandes des Tragwerks in Anspruch genommen werden, es sei denn, es wird eine rationale Analyse durchgeführt und es liegen eindeutige Beweise dafür vor, dass das Schüttgut an der Wand während der Entleerung nicht rutscht.“

11 Änderung in 4.4, Orthotrope Ersatzsteifigkeiten von profilierten Wellblechen

In Absatz (3) sind die Zeilen der Bezeichnungen wie folgt zu ersetzen:

„Dabei ist

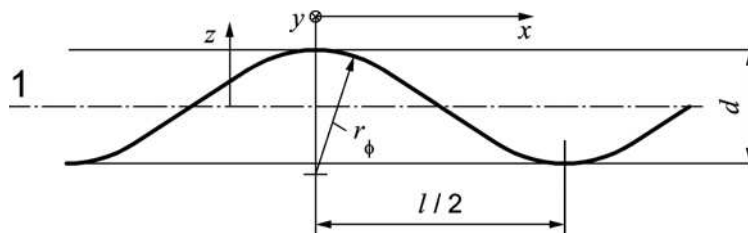
d die Bruttoprofilhöhe von Kuppe zu Kuppe (Wellental zu Wellenberg);

l die Wellenlänge der Profilierung;

r_ϕ der örtliche Radius an den Kuppen (Wellenberg bzw. -tal).“

Bild 4.2 ist durch folgendes zu ersetzen:

„



Legende

1 Effektive Mittelfläche

Bild 4.2 — Wellblechprofil und geometrische Parameter“

Ersetze Absatz (4):

„(4) Alle Ersatzsteifigkeiten dürfen als eindimensional behandelt werden; es gibt also keine Poisson-Effekte zwischen den beiden Richtungen.“

durch den folgenden:

„(4) Die äquivalenten Eigenschaften des Bleches in jeder der beiden Hauptrichtungen dürfen als unabhängig behandelt werden, sodass die Beanspruchungen in einer Richtung keine Spannungen in der rechtwinkligen Richtung (z. B. keine Poisson-Effekte) erzeugen.“

Absatz (5) ist durch den folgenden zu ersetzen und die folgenden Gleichungen in diesem Abschnitt sind entsprechend neu zu nummerieren:

„(5) Die äquivalenten Dehnsteifigkeiten betragen:

$$C_x = Et_x \quad (4.2)$$

$$C_y = Et_y \quad (4.3)$$

$$C_{xy} = Gt_{xy} \quad (4.4)$$

Dabei ist

t_x die äquivalente Dicke für verschmierte MembranstEIFigkeit rechtwinklig zur Profilierung, angegeben als:

$$t_x = \frac{2 t^3}{3 d^2} \quad (4.5)$$

t_y die äquivalente Dicke für verschmierte MembranstEIFigkeit parallel zur Profilierung, angegeben als:

$$t_y = t \left(1 + \frac{\pi^2 d^2}{4 l^2} \right) \quad (4.6)$$

t_{xy} die äquivalente Dicke für verschmierte MembranscherstEIFigkeit, angegeben als:

$$t_{xy} = \frac{t}{\left(1 + \frac{\pi^2 d^2}{4 l^2} \right)} \quad (4.7)''.$$

Absatz (6) ist durch den folgenden zu ersetzen:

„(6) Die äquivalenten BiegestEIFigkeiten werden nach den Begriffen der Biegefestigkeit für Momente festgelegt, die Biegespannungen in dieser Richtung erzeugen, und dürfen wie folgt angesetzt werden:

$$D_x = EI_x \quad (4.8)$$

$$D_y = EI_y \quad (4.9)$$

$$D_{xy} = GI_{xy} \quad (4.10)$$

Dabei ist

I_x das äquivalente Flächenmoment 2. Grades (Ersatzträgheitsmoment) je Längeneinheit für verschmierte Biegesteifigkeit rechtwinklig zur Profilierung, angegeben als:

$$I_x = \frac{t^3}{12(1-\nu^2)} \frac{1}{\left(1 + \frac{\pi^2 d^2}{4l^2}\right)} \quad (4.11)$$

I_y das äquivalente Flächenmoment 2. Grades (Ersatzträgheitsmoment) je Längeneinheit für verschmierte Biegesteifigkeit parallel zur Profilierung. Bei in 4.4 (2) beschriebenen Profilblechen darf angenommen werden:

$$I_y = \frac{td^2}{8} \left(1 + \frac{\pi^2 d^2}{8l^2}\right) \quad (4.12)$$

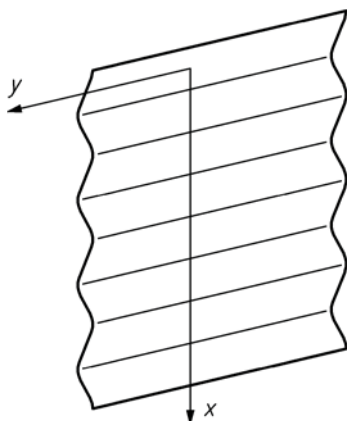
I_{xy} das äquivalente Flächenmoment 2. Grades (Ersatzträgheitsmoment) je Längeneinheit für verschmierte Drillsteifigkeit:

$$I_{xy} = \frac{t^3}{12} \left(1 + \frac{\pi^2 d^2}{4l^2}\right) \quad (4.13)$$

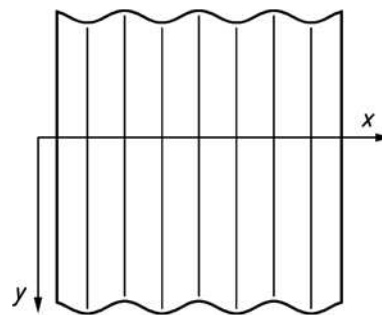
ANMERKUNG Die Vereinbarung für Biegemomente in Platten bezieht sich auf die Richtung, in der die Platte gekrümmt wird, und ist damit der für Träger geltenden Vereinbarung entgegengesetzt. Biegung parallel zur Profilierung aktiviert die Biegesteifigkeit des Profils einschließlich der Spannungen parallel zur Profilierung und ist der Hauptgrund für die Verwendung von Profilblechen.“

Absatz (7) ist durch den folgenden Text und folgendes Bild zu ersetzen:

„(7) In kreisrunden Silos sind die Profilierungen üblicherweise in Umfangsrichtung verlaufend angeordnet. Bei dieser Anordnung sollten die Richtungen x und y in den vorstehenden Formelausdrücken den Vertikalkoordinaten x oder den Umfangskoordinaten θ entsprechen, siehe Bild 4.3 a). Bei der weniger verbreiteten Anordnung, bei der die Profilierungen vertikal verlaufen, sollten die Richtungen x und y in den vorstehenden Formelausdrücken als Umfangskoordinaten θ oder Vertikalkoordinaten x eingesetzt werden, siehe Bild 4.3 b).



a) Horizontal verlaufende Profilierungen



b) Vertikal verlaufende Profilierungen

Bild 4.3 — Profiliertes Blech (Wellblech) und Wandausrichtungen“

Absatz (9) ist durch den folgenden Text zu ersetzen:

„(9) In rechteckigen Silos sind die Profilierungen üblicherweise horizontal (in Umfangsrichtung) verlaufend angeordnet. Bei dieser Anordnung sollten die Richtungen x und y in den vorstehenden Formelausdrücken den Vertikalkoordinaten x oder den Horizontalkoordinaten y entsprechen, siehe Bild 4.3 a). Bei der weniger verbreiteten Anordnung, bei der die Profilierungen vertikal verlaufen, sollten die Richtungen x und y in den vorstehenden Formelausdrücken im realen Tragwerk vertauscht werden und den Vertikalkoordinaten y oder den Horizontalkoordinaten x entsprechen, siehe Bild 4.3 b).“.

12 Änderung in 5.3.2.4, LS3: Beulen unter Axialdruckbeanspruchung

Der Formelausdruck (5.15) in Abschnitt (4) ist durch den folgenden zu ersetzen:

„

$$\alpha_0 = \frac{0,83}{1 + 2,2 \Psi(w_{ok}/t)^{0,88}} \quad (5.15)''.$$

Absatz (7) ist durch den folgenden zu ersetzen:

„(7) Der Imperfektions-Abminderungsfaktor α_{pp} , der die innendruckinduzierte plastische Destabilisierung erfasst, sollte mit dem größtmöglichen örtlichen Innendruck p_g , der an der betrachteten Stelle, bei der die örtliche Wanddicke gleich t ist, gleichzeitig mit dem örtlichen Wert des Axialdrucks auftreten kann, der Beulen verursachen kann, wie folgt ermittelt werden:

$$\alpha_{pp} = \left\{ 1 - \left(\frac{\bar{p}_g}{\bar{\lambda}_x^2} \right) \right\} \left[1 - \frac{1}{1,12 + s^{3/2}} \right] \left[\frac{s^2 + 1,21 \bar{\lambda}_x^2}{s(s+1)} \right] \quad (5.18)$$

Dabei ist

$$\bar{p}_g = \frac{p_g}{\sigma_{x, Rcr}} \cdot \frac{r}{t} \quad (5.19)$$

$$s = \left(\frac{1}{400} \right) \left(\frac{r}{t} \right) \quad (5.20)$$

$$\bar{\lambda}_x^2 = \frac{f_y}{\sigma_{x, Rcr}} \quad (5.21)$$

Dabei ist

p_g der größte Bemessungswert des örtlichen Innendrucks (siehe EN 1991-4).

Verschiedene Extremwerte der Werkstoffeigenschaften für einen in EN 1991-4 festgelegten Feststoff führen zu unterschiedlichen verknüpften Werten von axialer Kraft und Innendruck. Ein einheitliches Wertepaar sollte jedes Mal verwendet werden, wenn die Formelausdrücke (5.16) und (5.18) angewendet werden.“.

Ein neuer Absatz (7 a) ist zu ergänzen:

„(7 a) Die Erhöhung des Beulwiderstandes des Schalentragwerks infolge der elastischen Steifigkeit des gelagerten Schüttgutes darf nur dann berücksichtigt werden, wenn eine rationale Analyse durchgeführt wurde und eindeutige Beweise dafür vorliegen, dass das Schüttgut an der Wand an der festgelegten Stelle während der Entleerung nicht rutscht und die entsprechenden Angaben in Bezug auf das Fließprofil, den Druck im Schüttgut und die Eigenschaften des spezifischen gelagerten Schüttgutes nach EN 1991-4 bestimmt werden.“.

In Absatz (9) ist im ersten Satz:

„... im Bereich von $0,3 < s < 1,0$, so ist die obige ...“

wie folgt zu ersetzen:

„... im Bereich von $0,3 < s < 0,8$, so ist die vorstehende ...“

In Absatz (15) ist in der ANMERKUNG:

„Es werden folgende Werte empfohlen: $\beta = 0,60$ und $\eta = 1,0$.“

wie folgt zu ersetzen:

„Es werden folgende Werte empfohlen:

$$\beta = 1 - \frac{0,95}{1 + 1,2 (w_{ok}/t)} \quad \eta = \frac{5,4}{1 + 4,6 (w_{ok}/t)} \quad \text{und } \chi_h = 1,0.$$

13 Änderung in 5.3.2.5, LS 3: Beulen unter Außendruck – Teilvakuum und/oder Windlast

Absatz (9) ist durch den folgenden und den neuen Ausdruck (5.40 a) zu ersetzen:

„(9) Für einen einzeln stehenden Silo, der einer Kombination aus Windlast und Teilvakuum ausgesetzt ist, sollte der in Ausdruck (5.38) verwendete Wert von C_w zu C_{wc} modifiziert und wie folgt berechnet werden:

$$C_{wc} = \frac{p_{nu} + C_w p_{nw}}{p_{nu} + p_{nw}} \quad (5.40 a)$$

Dabei ist

p_{nu} der Bemessungswert des konstanten Außendrucks;

p_{nw} der Bemessungswert des Staudrucks des Windes;

C_w der auf den windzugewandten Meridian (Staumeridian) bezogene Beiwert für die Winddruckverteilung, angegeben in (8).“

14 Änderung in 5.3.2.6, LS 3: Beulen unter Membranschubbeanspruchung

In Absatz (5) ist der Ausdruck (5.55) durch den folgenden zu ersetzen:

„

$$\ell_o = \frac{\tau_{x\theta, Ed, \max}}{\left(\frac{d\tau_{x\theta, Ed}}{dy} \right)} \quad (5.55)''.$$

15 Änderung in 5.3.3.3, LS 3: Beulen unter Axialdruckbeanspruchung

Die Absätze (1) bis (4) sind durch die folgenden zu ersetzen:

„(1) Der Steifenabstand sollte den kleineren Wert von 24° und 1 000 mm nicht überschreiten.

(2) Infolge des Effektes des Innendrucks, der allein auf die Siloschale einwirkt, unterscheidet sich die Axialdruckbeanspruchung in der Siloschale von der in den Steifen. Die axiale Schnittgröße je Umfangslängeneinheit in der Siloschale $n_{x,Ed}$ sollte aus der gesamten Axialkraft in der Wand und den Steifen $N_{x,Ed}$ auf jeder Höhenkote wie folgt ermittelt werden:

$$n_{x,Ed} = \left(\frac{f}{1+f} \right) \left[\frac{N_{x,Ed}}{2\pi r} - \frac{v p r}{f} \right] \quad (5.58 a)$$

Die Axialkraft in jeder Steife $N_{sx,Ed}$ sollte aus der gesamten Axialkraft in der Wand und den Steifen $N_{x,Ed}$ auf jeder Höhenkote wie folgt ermittelt werden:

$$N_{sx,Ed} = d_s \left(\frac{1}{1+f} \right) \left[\frac{N_{x,Ed}}{2\pi r} + v p r \right] \quad (5.58 b)$$

Dabei ist

$$f = \frac{d_s t}{A_s}$$

Dabei ist

- t der örtliche Wert der Schalenwanddicke;
- d_s der Umfangsabstand zwischen benachbarten Steifen;
- A_s die Querschnittsfläche jeder Steife;
- ν die Poissonzahl (Querkontraktionszahl) (eingesetzt als 0,30);
- p der örtliche Wert des Innendrucks (siehe EN 1991-4).

(3) Ist die Silowand nicht in Kontakt mit dem gelagerten Schüttgut, sollte der Widerstand gegen Knicken der Steifen unter Axialdruckbeanspruchung unter der Annahme einer konstanten Druckbeanspruchung auf dem gesamten Querschnittsbereich auf jeder Höhenkote berechnet werden.

(4) Die für die Bestimmung des Abminderungsfaktors χ verwendete mittragende Knicklänge der Steife sollte gleich dem folgenden Wert sein:

$$L_e = \pi \left(\frac{EI_{sy}}{K} \right)^{1/4} \quad (5.58 c)$$

Sie sollte jedoch nicht größer als der Abstand zwischen benachbarten Ringsteifen sein.

Dabei ist

- EI_{sy} die Biegesteifigkeit der Steife für die Biegung rechtwinklig zur Ebene der Wand (Nmm²);
- K die Steifigkeit, die durch die Schalenwand geboten wird (N/mm je mm Wandhöhe), um das Beulen rechtwinklig zur Wand zu beschränken.

(5) Die Steifigkeit der Schalenwand K bei der Beschränkung der mittragenden Länge der Steife sollte unter der Annahme bestimmt werden, dass die Wand zwischen den auf jeder Seite benachbarten Vertikalsteifen gespannt ist. Zwei alternative Verfahren dürfen angewendet werden, wie in (6) und (7) festgelegt.

(6) Eine einfache Berechnung des Wertes von K darf erfolgen, wenn die Schalenwand als gerade und gelenkig gelagert angenommen wird (siehe Bild 5.5). Der Wert von K darf wie folgt geschätzt werden:

$$K = k_s E \left(\frac{t}{d_s} \right)^3 \quad (5.58 \text{ d})$$

Dabei ist

k_s ein Steifigkeitskoeffizient.

ANMERKUNG Der nationale Anhang darf den Wert von k_s festlegen. Es wird ein Wert von $k_s = 0,5$ empfohlen.

t der örtliche Wert der Schalenwanddicke an der berechneten Stelle;

d_s der Umfangsabstand der Vertikalsteifen.

(7) Eine weitergehende Berechnung des Wertes von K darf erfolgen, wenn die gekrümmte Wand als ein Bogen angesehen wird, der zwischen benachbarte Steifen gespannt ist (Bild 5.6). Der Wert von K darf wie folgt geschätzt werden:

$$K = \frac{1}{r} \left\{ \frac{2Et^3}{ft^2 + 12r^2\{f + \phi \cos^2 \phi (\tan \phi + 2g)^2 - 2[2g^2 \sin 2\phi - 2g(\cos 2\phi - \cos \phi) - \sin \phi (\cos \phi - 1)]\}} \right\} \quad (5.58 \text{ e})$$

$$\phi = \frac{d_s}{r} \quad (5.58 \text{ f})$$

$$f = \frac{1}{4} \{ (4g^2 + 1) (2\phi + \sin 2\phi) + 4g(1 - \cos 2\phi) - 2\sin 2\phi \} \quad (5.58 \text{ g})$$

$$g = \frac{t^2 \sin^2 \phi - 12r^2 [(1 - \cos \phi) (1 + 3\cos \phi) - \phi \sin 2\phi]}{t^2 (2\phi + \sin 2\phi) - 12r^2 [2\phi (2 + \cos 2\phi) - 3\sin 2\phi]} \quad (5.58 \text{ h})$$

(8) Können das Fließprofil des Schüttgutes, der Druck im Schüttgut, die Eigenschaften des granularen Schüttgutes sowie das Verhältnis der Schüttgutsteifigkeit zum örtlichen Druck mithilfe EN 1991-4 zuverlässig vorausberechnet werden, darf eine rationale Analyse der Steifigkeit von gelagertem Schüttgut gegen die Silowand in die Berechnung der Steifigkeit der Schalenwand K einbezogen werden.

(9) Der charakteristische Beulwiderstand der Schalenwand $n_{x,Rk}$ sollte entsprechend den Festlegungen in 5.3.2.4 berechnet werden.

(10) Wird ein gewalztes Profil für die Steife verwendet, sollte der Beulwiderstand der Steife gegen Axialdruckbeanspruchung $N_{s,b,Rk}$ wie unter konzentrischer Druckbeanspruchung entsprechend EN 1993-1-1 berechnet werden, unter Berücksichtigung nur des Beulens rechtwinklig zur Schalenwand.

(11) Wird ein kaltgeformtes Bauteil für die Steife verwendet, sollte der Beulwiderstand der Steife gegen Axialdruckbeanspruchung wie unter konzentrischer Druckbeanspruchung entsprechend EN 1993-1-3 berechnet werden, unter Berücksichtigung nur des Beulens rechtwinklig zur Schalenwand.

(12) Die Verbindungen zwischen der Steife und der Siloschale sollten bei einem vertikalen Abstand nicht größer als $L_e/4$ sein, dabei wird L_e nach (4) berechnet.

(13) Ist die Achse eines Segmentes der Steife nicht kollinear mit der Achse des benachbarten Segmentes, sollte die Verwendung einer längeren Hülse in Betracht gezogen werden und die Verbindung sollte konstruktiv so ausgelegt sein, damit das Biegemoment, das sich aus der Exzentrizität der übertragenden Axialkraft ergibt, eingeleitet wird.

(14) Es sollte keinen Grund geben, unbeabsichtigte Biegemomente in die Steife einzubringen (z. B. als Ergebnis einer Exzentrizität zwischen dem Querschnitt der Schwerachse und der Achse der Schrauben, die in den Verbindungen, z. B. Hülsen, Überlappungen usw., verwendet werden).

(15) Die Exzentrizität der Steifenachse zu der Mittelfläche der Siloschale darf ignoriert werden.“

16 Änderung in 5.3.4.1, Allgemeines

Der folgende Absatz (1):

„(1) Bei allen Berechnungen sollte die Blechdicke ohne Überzüge und Beschichtungen (Stahlkerndicke) und ohne Toleranzen angesetzt werden.“

ist zu ersetzen durch:

„(1) Bei allen Berechnungen sollte die Blechdicke ohne Überzüge angesetzt werden. Die Toleranzen in Bezug auf die Dicke sollte entsprechend den Anforderungen von EN 1993-1-3 übernommen werden.“

Der folgende Absatz (4):

„(4) Es sollte besonders darauf geachtet werden, dass die Vertikalsteifen bezüglich Meridianbiegung rechtwinklig zur Wand kontinuierlich ausgebildet werden; das ist wichtig für den Beulwiderstand sowohl unter Wind und/oder Teilvakuum als auch bei fließendem Schüttgut.“

ist zu ersetzen durch:

„(4) Wird die Kontinuität von Steifen durch halbsteife Verbindungen, wie z. B. Überlappungen oder Hülsen usw. erreicht, sollte die Drehsteifigkeit der Verbindungen bei der Verifizierung von deren Widerstand und Stabilität unter den Einwirkungen infolge des gelagerten Schüttgutes und auch unter dem Wind- oder Außendruck berücksichtigt werden.“

17 Änderung in 5.3.4.2, LS 1: Plastische Grenze oder Zugbruch

Der folgende Absatz (3):

„(3) Die Abstände zwischen den Verbindungen in Umfangsrichtung sollten nicht größer als 3° sein.“

ist zu ersetzen durch:

„(3) Die Abstände zwischen den Verbindungsmitteln in Umfangsrichtung sollten den kleineren Wert von 500 mm und 15° des Umfangs nicht überschreiten, wie in Bild 5.4 dargestellt.“

Bild 5.4 ist durch das folgende zu ersetzen:

„

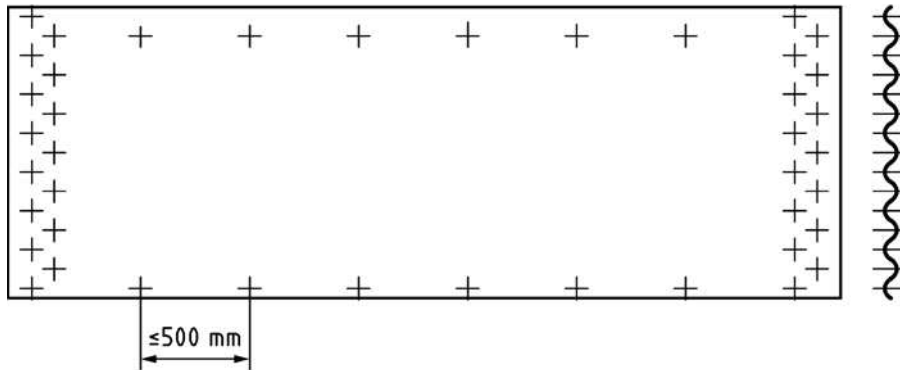


Bild 5.4 — Typische Schraubenanordnung in einer Tafel für ein Wellblechsilos

18 Änderung in 5.3.4.3.1, Allgemeines

In Absatz (2) ist der folgende Punkt b):

„b) Knicken der einzelnen Steifen (die profilierte Wand nimmt zwar voraussetzungsgemäß keine Axialkräfte auf, stützt aber die Steifen) nach 5.3.4.3.4, falls der horizontale Abstand zwischen den Steifen die Bedingung 5.3.4.3.3 (2) nicht erfüllt.“

zu ersetzen durch:

„b) Knicken der einzelnen Steifen (die profilierte Wand nimmt zwar voraussetzungsgemäß keine Axialkräfte auf, stützt aber die Steifen) nach 5.3.4.3.4.“

19 Änderung in 5.3.4.3.3, Versteifte Wand – als orthotrope Schale behandelt

In Absatz (2) ist die folgende ANMERKUNG:

„ANMERKUNG Der Wert von k_{dx} darf im Nationalen Anhang festgelegt werden. Es wird ein Wert von $k_{dx} = 7,4$ empfohlen.“

zu ersetzen durch:

„ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf den Wert von k_{dx} festlegen. Es wird ein Wert von $k_{dx} = 9,1$ empfohlen.“

Der obere Teil von Absatz (3), einschließlich Gleichung (5.65), ist durch den folgenden zu ersetzen:

„(3) Die kritische Beulmembrankraft $n_{x,Rcr}$ je Umfangslängeneinheit der orthotropen Schale (Verfahren a) nach 5.3.4.3.1) sollte auf jeder Höhenkote des Silos ermittelt werden. Die kritische Beulmembrankraft $n_{x,Rcr}$ darf für jeden ausgewählten umlaufenden Modus (Umfangswellenzahl) j und jede voraussichtliche Höhe der Beule ℓ_i durch Minimierung des nachstehenden Formelenausdrucks in Bezug auf j und ℓ_i bewertet werden. Die Werte von ℓ_i dürfen jeden Wert bis zur gesamten Höhe der Wand annehmen, jedoch dürfen kleinere Werte angenommen werden. Die Minimierung zur Auffindung des kritischen Wertes von $n_{x,Rcr}$ darf durch jedes geeignete Minimierungs-(Optimierungs-)verfahren erfolgen.“

$$n_{x,Rcr} = \frac{1}{j^2 \omega^2} \left(A_1 + \frac{A_2}{A_3} \right) \quad (5.65)$$