

# Geschweißte ortsfeste drucklose Behälter (Tanks) aus Thermoplasten

Teil 3: Konstruktion und Berechnung von einwandigen Rechteckbehältern (-tanks)  
Deutsche Fassung EN 12573-3 : 2000

**DIN**  
**EN 12573-3**

ICS 23.020.10

Welded static non-pressurised thermoplastic tanks –  
Part 3: Design and calculation for single skin rectangular tanks;  
German version EN 12573-3 : 2000

Cuves statiques soudées en matières thermoplastiques sans pression –  
Partie 3: Conception et calcul des cuves parallélépipédiques  
rectangulaires à simple paroi;  
Version allemande EN 12573-3 : 2000

**Die Europäische Norm EN 12573-3:2000 hat den Status einer Deutschen Norm.**

## Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde von der Arbeitsgruppe WG 2 „Tanks aus Thermoplasten, gefertigt durch Schweißen“ (Sekretariat Deutschland) des Technischen Komitees CEN/TC 266 „Ortsfeste Tanks aus Thermoplasten“ (Sekretariat Vereinigtes Königreich) erarbeitet.

Der Arbeitsausschuss AA 1.04 „Tanks aus Thermoplasten“ im Normenausschuss Tankanlagen (NA Tank) war im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. an der Erstellung der Norm beteiligt.

Nicht berücksichtigt wurde in dieser Norm die deutsche Forderung bezüglich der Aufnahme von Aussagen zur Konformitätsbewertung und zu den Dichtheitsprüfungen.

Zu EN 12573-3 hatte Deutschland darauf hingewiesen, dass die im Abschnitt 8 enthaltenen Berechnungen für Tanks mit kreuzgerippten Seitenwänden und satter ebener Auflage des Bodens für Tanks großer Abmessungen nicht anwendbar sind. Diese Erkenntnis resultierte aus der Anwendung des Norm-Entwurfes. Auf Grund der Abstimmungsmodalitäten bei CEN wurde die Norm aber auch gegen die deutsche Ablehnung angenommen. Nach Vorliegen fundierter Berechnungsgleichungen für diese Tanks wird Deutschland eine Überarbeitung der Norm zu diesem Sachverhalt beantragen.

**NUR FÜR INTERNEN GEBRAUCH  
VERVIELFÄLTIGUNG VERBOTEN!**

Fortsetzung 17 Seiten EN

Normenausschuss Tankanlagen (NA Tank) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

**Deutsche Fassung**

**Geschweißte ortsfeste drucklose Behälter (Tanks)  
aus Thermoplasten**

**Teil 3: Konstruktion und Berechnung von einwandigen Rechteckbehältern (-tanks)**

**Welded static non-pressurised thermoplastic tanks –  
Part 3: Design and calculation for single skin rectangular  
tanks**

**Cuves statiques soudées en matières thermoplastiques  
sans pression – Partie 3: Conception et calcul des cuves  
parallépipédiques rectangles à simple paroi**

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 14. Februar 2000 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Managementzentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Managementzentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

**CEN**

**EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation**

**Managementzentrum: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel**

## Inhalt

|   | Seite |   | Seite |
|---|-------|---|-------|
| Vorwort . . . . .   | 2     | 8 Tanks mit kreuzgerippten Seitenwänden und satter, ebener Auflage des Bodens . . . . . | 7     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .   | 2     | 8.1 Berechnung der Mindestwanddicke, der Bodendicke und der Rundumverstärkung . . . . . | 7     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .  | 2     | 8.2 Berechnung der vertikalen Verstärkungsträger . . . . .                              | 7     |
| 3 Definitionen, Symbole und Abkürzungen . . . . .                             | 3     | 9 Rechtecktanks mit Jochverstärkungen . . . . .   | 8     |
| 3.1 Definitionen . . . . .  | 3     | 9.1 Allgemeines . . . . .   | 8     |
| 3.2 Symbole und Abkürzungen . . . . .   | 3     | 9.2 Berechnung der Wanddicke der Seitenwände . . . . .                                  | 8     |
| 4 Allgemeines zur Konstruktionsberechnung . . . . .                           | 3     | 9.3 Berechnung des Bodens . . . . .   | 8     |
| 5 Tanks ohne Verstärkungen mit satter, ebener Auflage des Bodens . . . . .    | 4     | 9.4 Berechnung der Jochverstärkungen . . . . .  | 8     |
| 5.1 Allgemeines . . . . .   | 4     | 10 Berechnung des Tankdeckels . . . . .   | 8     |
| 5.2 Seitenverhältnis $x/y < 0,5$ . . . . .                                    | 4     | 10.1 Allgemeines . . . . .  | 8     |
| 5.3 Seitenverhältnis $0,5 \leq x/y \leq 4$ . . . . .                          | 4     | 10.2 Frei aufliegender Tankdeckel . . . . .   | 8     |
| 5.4 Seitenverhältnis $x/y > 4$ . . . . .                                      | 4     | 10.3 Fest eingespannter Tankdeckel . . . . .  | 9     |
| 6 Tanks mit Randverstärkung und satter, ebener Auflage des Bodens . . . . .   | 4     | 10.4 Verstärkter (ausgesteifter) Tankdeckel . . . . .                                   | 9     |
| 6.1 Berechnung der Wanddicke . . . . .  | 4     | Anhang A (informativ) Konstruktive Details von Rechtecktanks . . . . .                  | 10    |
| 6.2 Berechnung der Randverstärkungen . . . . .                                | 5     | Anhang B (informativ) Sonderfälle . . . . .   | 16    |
| 7 Tanks mit Rundumverstärkung und satter, ebener Auflage des Bodens . . . . . | 6     | Anhang C (informativ) A-Abweichungen . . . . .  | 17    |
| 7.1 Allgemeines . . . . .   | 6     | Literaturhinweise . . . . .   | 17    |
| 7.2 Berechnung der Mindestwanddicke der Seitenwände . . . . .                 | 6     |   |       |
| 7.3 Berechnung der horizontalen Verstärkungsträger . . . . .                  | 7     |   |       |

## Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 266 „Ortsfeste Tanks aus Thermoplasten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2000, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2000 zurückgezogen werden.

EN 12573 : 1999 „Geschweißte ortsfeste drucklose Behälter (Tanks) aus Thermoplasten“ besteht aus:

- Teil 1: Allgemeine Grundsätze
- Teil 2: Berechnung von runden stehenden Behältern (Tanks)
- Teil 3: Konstruktion und Berechnung von einwandigen Rechteckbehältern (-tanks)
- Teil 4: Konstruktion und Berechnung von Flanschverbindungen

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Konstruktion und Berechnung von einwandigen Rechtecktanks fest, die aus den folgenden Thermoplasten gefertigt werden:

- Polyethylen (PE)
- Polypropylen (PP)
- Polyvinylchlorid (PVC)
- Polyvinylidenfluorid (PVDF)

Die Tanks können von außen mit Rippen oder Rahmen aus demselben oder anderen Werkstoffen verstärkt sein.

Diese Norm ist nur anwendbar für Tanks, die ohne inneren Überdruck oder Vakuum betrieben werden, ausgenommen der während des Befüllens/Entleerens mit Fluiden (einschließlich Gasen) bei Normalbetrieb vorkommenden Drücke.

Die Berechnung berücksichtigt sowohl Drücke über kurze oder lange Zeiträume als auch die hydrostatische Belastung. Die folgenden Werte sind Drücke über lange Zeiträume und stellen die Grenzwerte dar.

Überdruck: 0,000 5 N/mm<sup>2</sup> (0,005 bar)

Unterdruck: 0,000 3 N/mm<sup>2</sup> (0,003 bar)

Als Grundlage für die Berechnung wurde in diesem Dokument die Plattentheorie verwendet. Über die Membrantheorie ist im Anhang B nachzulesen.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an

den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nächstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 12573-1

Geschweißte ortsfeste drucklose Behälter (Tanks) aus Thermoplasten – Teil 1: Allgemeine Grundsätze

EN 1778

Charakteristische Kennwerte für geschweißte Thermoplast-Konstruktionen – Bestimmung der zulässigen Spannungen und Moduli für die Berechnung von Thermoplastbauteilen

### 3 Definitionen, Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Teils der Norm gelten die folgenden Definitionen, Symbole und Abkürzungen:

#### 3.1 Definitionen

**3.1.1 Wand:** Grundlegendes Konstruktionselement des Tanks.

**3.1.2 Verstärkung:** Mit der Wand des Tanks verbundenes horizontales oder vertikales Teil.

**3.1.3 Tragende Wand:** Wand des Tanks und deren Verstärkung.

**3.1.4 Feld:** Bereich zwischen den Verstärkungen.

**3.1.5 U-Rahmen:** Jochverstärkung, die unterhalb der Grundfläche und vertikal an den Seiten des Tanks verläuft.

#### 3.2 Symbole und Abkürzungen

$E$  der Elastizitätsmodul des Verstärkungswerkstoffes (bei Kunststoffen entsprechend  $E_c$ ), in Newton je Quadratmillimeter

$E_{c(al,D)}$  der zulässige Kriechmodul für Deformationsberechnungen (abhängig von Temperatur, Spannung, Zeit, Medium), in Newton je Quadratmillimeter, siehe EN 1778

$F$  die Kraft, in Newton

$f$  die maximale Durchbiegung, in Millimeter

$J$  das Flächenmoment 2. Grades (früher Flächenträgheitsmoment) der Verstärkung, in Millimeter hoch vier

$k$  der Beiwert für die Berücksichtigung der Durchbiegung der Wand

$M$  das Biegemoment, in Newtonmillimeter

$N$  der Steifigkeitskoeffizient

$p$  der Überdruck am Tankboden, in Newton je Quadratmillimeter

$p_D$  die gleichmäßig verteilte Last, die auf den Tankdeckel wirkt, in Newton je Quadratmillimeter

$p_m$  der gemittelte Überdruck für die Wanddickenberechnung, in Newton je Quadratmillimeter

$p_1$  der gemittelte Überdruck für die Berechnung der Verstärkung, in Newton je Quadratmillimeter

$t$  die Wanddicke, in Millimeter

$W$  das Flächenmoment 1. Grades der Verstärkungen, in Kubikmillimeter

$x$  die Länge des Tanks oder der Abstand zwischen den vertikalen Verstärkungen, in Millimeter

$x'$  der Verstärkung zugeordnete wirksame Länge des Feldes, in Millimeter

$y$  die Höhe des Tanks oder der Abstand zwischen den horizontalen Verstärkungen, in Millimeter

$y'$  der Verstärkung zugeordnete wirksame Höhe des Feldes, in Millimeter

$z$  die Breite des Tanks oder Feldes, in Millimeter

$\alpha_1 \dots \alpha_5$  der Verformungsbeiwert

$\beta_1 \dots \beta_5$  der Spannungsbeiwert

$\sigma_{al}$  die zulässige Spannung, in Newton je Quadratmillimeter, siehe EN 1778

### 4 Allgemeines zur Konstruktionsberechnung

Allgemeine Grundsätze nach EN 12573-1

Es werden nur für die in den Bildern 1 bis 5 dargestellten Tankkonstruktionen entsprechende Berechnungsmethoden angegeben.

Schweißnähte sollten in Bereichen mit geringen Biegemomenten angeordnet werden; die maximalen Biegemomente sind aus den Bildern 6, 7 und 8 zu ersehen.

ANMERKUNG: Die Konstruktion sollte die Effekte von thermischen Ausdehnungen zwischen der Tankwand und den äußeren Verstärkungen berücksichtigen.

Die maximale Durchbiegung darf nicht größer sein, als die halbe Wanddicke.

$$f \leq 0,5 t$$

Konstruktive Details von Rechtecktanks siehe Anhang A.

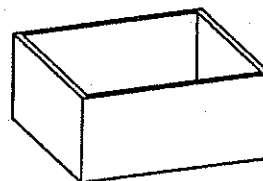


Bild 1: Tank ohne Verstärkung

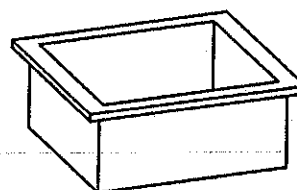


Bild 2: Tank mit Randverstärkung

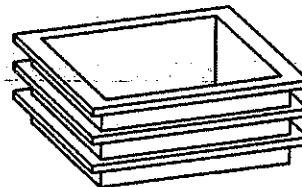


Bild 3: Tank mit Rundumverstärkung

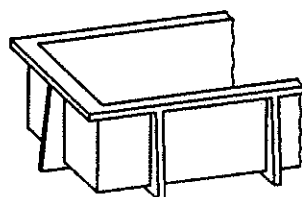


Bild 4: Tank mit Jochverstärkung

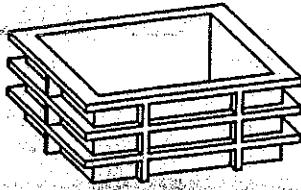


Bild 5: Tank mit kreuzgerippten Seitenwänden

## 5 Tanks ohne Verstärkungen mit satter, ebener Auflage des Bodens

### 5.1 Allgemeines

Die Berechnung der Mindestwanddicke richtet sich nach dem Verhältnis zwischen Länge ( $x$ ) und Höhe ( $y$ ), (siehe Bild 6). Die Dicke des Bodens muß in der gleichen Größe wie die der Seitenwände sein.

### 5.2 Seitenverhältnis $x/y < 0,5$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (1) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p x^2}{2,5 \sigma_{al}}} \quad (1)$$

ANMERKUNG 1: In der Gleichung (1) für die Wanddicke ( $t$ ) ist die Wand als ein beidseitig eingespannter Träger mit gleichmäßiger Streckenlast angenommen. Dies führt im Nenner zum Faktor 2. Wegen der besseren Übereinstimmung mit Meßwerten wurde der Faktor auf 2,5 erhöht.

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (2) zu berechnen.

$$f = \frac{p x^4}{32 k E_{c(al.)D} t^3} \quad (2)$$

Der Beiwert  $k$  ist entweder 1 (für  $x < y$ ) oder 2 (für  $x/y \approx 0,5$ ).

ANMERKUNG 2: In der Gleichung (2) für die Durchbiegung ergibt sich im Nenner der Faktor 32, wenn man einen beidseitig eingespannten Träger mit gleichmäßiger Streckenlast annimmt. Hier kann man jedoch auf Plattengleichungen zurückgreifen, die dem einzelnen Belastungsfall genau entsprechen und zum

Faktor 68 führen, wenn  $x/y \approx 0,5$  ist. Daher wurde ein zusätzlicher Faktor  $k$  eingeführt, der in Abhängigkeit von  $x/y$  zu hinreichend genauen Ergebnissen führt.

### 5.3 Seitenverhältnis $0,5 \leq x/y \leq 4$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (3) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\beta_1 \frac{p y^2}{\sigma_{al}}} \quad (3)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (4) zu berechnen.

$$f = \frac{\alpha_1 p y^4}{E_{c(al.)D} t^3} \quad (4)$$

Die Werte für  $\beta_1$  und  $\alpha_1$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

### 5.4 Seitenverhältnis $x/y > 4$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (5) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p y^2}{\sigma_{al}}} \quad (5)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (6) zu berechnen.

$$f = \frac{p y^4}{2,5 E_{c(al.)D} t^3} \quad (6)$$

ANMERKUNG: Die Tankwand wird hier als Kragarm mit Dreieckslast betrachtet.

## 6 Tanks mit Randverstärkung und satter, ebener Auflage des Bodens

### 6.1 Berechnung der Wanddicke

#### 6.1.1 Allgemeines

Die Berechnung der Wanddicke basiert auf der Annahme, daß die Randverstärkung eine feste Auflage darstellt. Die Bodendicke muß in der gleichen Größe wie die der Seitenwände sein (siehe Bild 7).

#### 6.1.2 Seitenverhältnis $x/y < 0,5$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (7) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p x^2}{3 \sigma_{al}}} \quad (7)$$

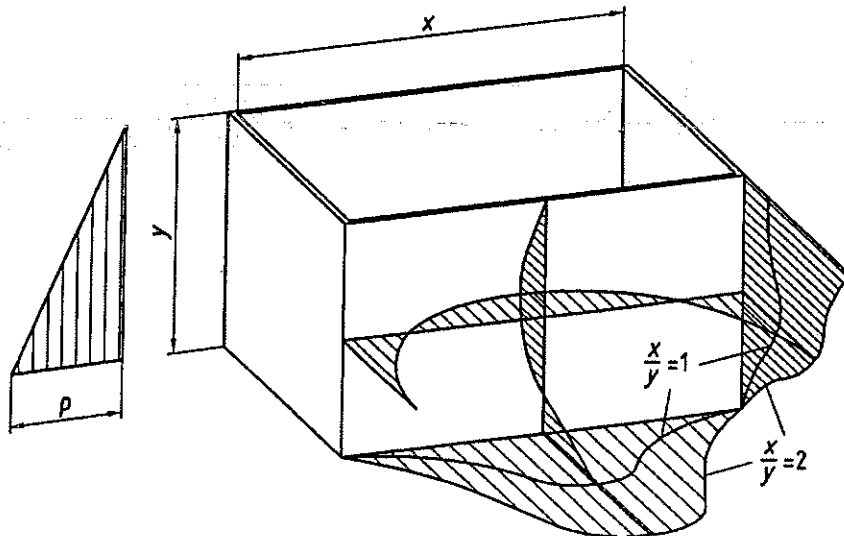


Bild 6: Grundsätzlicher Verlauf der Biegemomente bei einem unverstärkten Tank

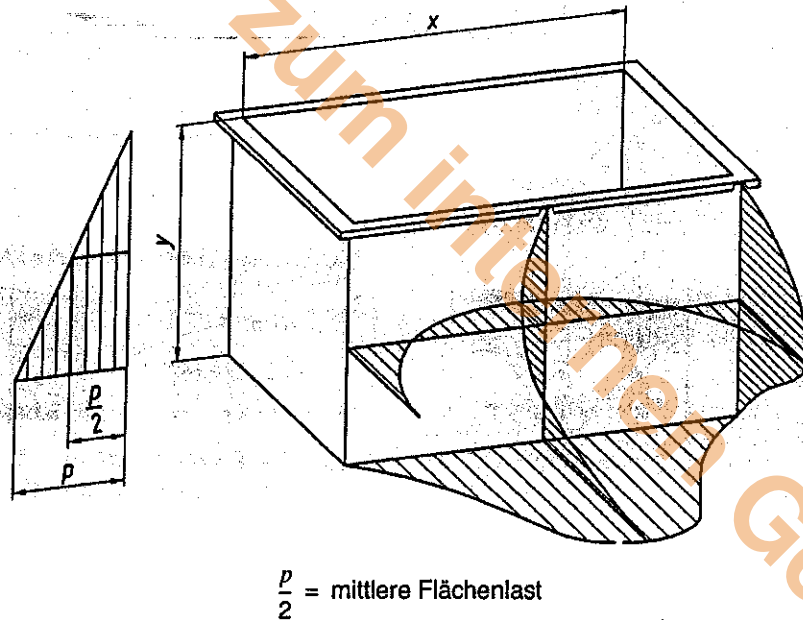


Bild 7: Grundsätzlicher Verlauf der Biegemomente bei einem Tank mit Randverstärkung

ANMERKUNG 1: In der Gleichung (7) für die Wanddicke ( $t$ ) ist die Wand als ein beidseitig eingespannter Träger mit gleichmäßiger Streckenlast angenommen. Dies führt im Nenner zum Faktor 2. Wegen der besseren Übereinstimmung mit Meßwerten wurde der Faktor auf 3 erhöht. Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (8) zu berechnen.

$$f = \frac{p x^4}{32 k E_{c(al.)_D} t^3} \quad (8)$$

Der Beiwert  $k$  ist entweder 1 (für  $x < y$ ) oder 2 (für  $x/y \approx 0,5$ ).

ANMERKUNG 2: In der Gleichung (8) für die Durchbiegung ergibt sich im Nenner der Faktor 32, wenn man einen beidseitig eingespannten Träger mit gleichmäßiger Streckenlast annimmt. Hier kann man jedoch auf Plattengleichungen zurückgreifen, die dem einzelnen Belastungsfall genau entsprechen und zum Faktor 68 führen, wenn  $x/y \approx 0,5$  ist. Daher wurde ein zusätzlicher Faktor  $k$  eingeführt, der in Abhängigkeit von  $x/y$  zu hinreichend genauen Ergebnissen führt.

### 6.1.3 Seitenverhältnis $0,5 \leq x/y \leq 2$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (9) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{\beta_2 p y^2}{\sigma_{al.}}} \quad (9)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (10) zu berechnen.

$$f = \frac{\alpha_2 p y^4}{E_{c(al.)_D} t^3} \quad (10)$$

Die Werte für  $\beta_2$  und  $\alpha_2$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

### 6.1.4 Seitenverhältnis $x/y > 2$

Die Wanddicke ist nach Gleichung (11) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p y^2}{2,5 \sigma_{al.}}} \quad (11)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (12) zu berechnen.

$$f = \frac{p y^4}{35 E_{c(al.)_D} t^3} \quad (12)$$

ANMERKUNG: Die Tankwand wird hier einerseits als eingespannter und andererseits als frei aufliegender Träger mit Dreieckslast betrachtet.

### 6.2 Berechnung der Randverstärkungen

Die Durchbiegung der Randverstärkungen ist als Mittel zwischen frei aufliegenden ( $f = 5/384$ ) und eingespannten Trägern ( $f = 1/384$ ) mit Streckenlast zu berechnen. Die Randverstärkung nimmt  $1/5$  der Wandbelastung als Streckenlast auf. Damit die Randverstärkung als feste Auflage angenommen werden kann, darf deren Durchbiegung nicht größer sein als 1 % der Länge oder Höhe. Die kürzere Strecke ist maßgebend. Die Durchbiegung der Randverstärkung ist nach Gleichung (13) zu berechnen.

$$f = \frac{p y x^4}{1280 E J} \quad (13)$$

ANMERKUNG: Das Verhältnis  $p/1280$  kommt von:

$$\frac{0,5 p}{2 \cdot 5 \cdot \left( \frac{5}{384} + \frac{1}{384} \right)}$$

Das maximale Biegemoment ( $M$ ) der Randverstärkung ist nach Gleichung (14) zu berechnen.

$$M = \frac{p y x^2}{100} \quad (14)$$

Das Flächenmoment 1. Grades ( $W$ ) der Verstärkung ist nach Gleichung (15) zu berechnen.

$$W = \frac{p y x^2}{100 \sigma_{al.}} \quad (15)$$

Wenn die Durchbiegung ( $f$ ) in der Konstruktionsberechnung verwendet wird, ist das Flächenmoment 2. Grades  $J$  (früher Flächenträgheitsmoment) der Verstärkung nach Gleichung (16) zu berechnen.

$$J = \frac{p y x^4}{1280 E f} \quad (16)$$

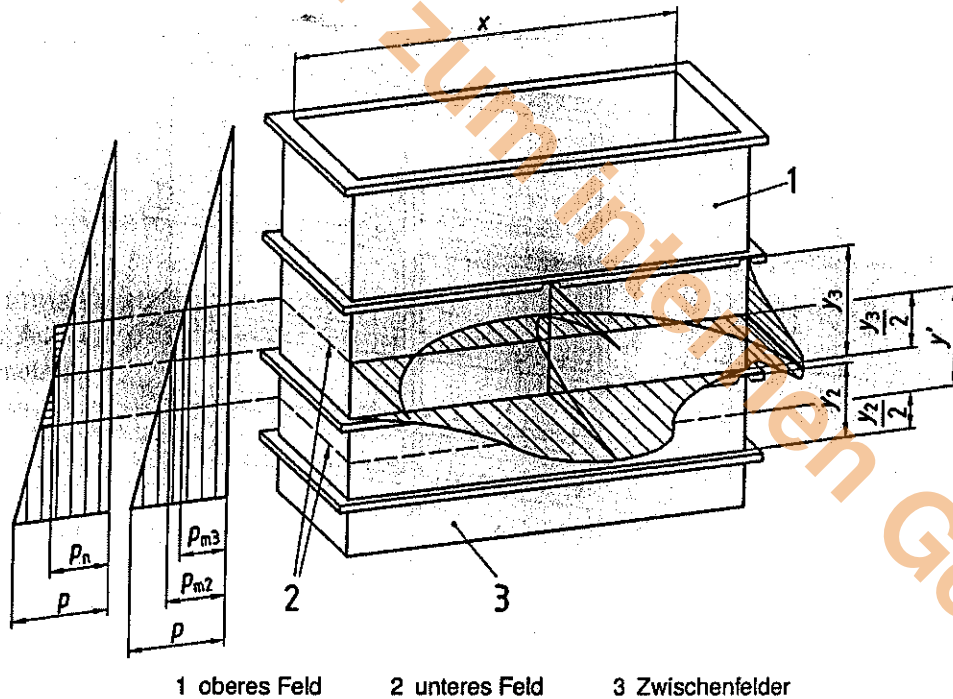


Bild 8: Grundsätzlicher Verlauf der Biegemomente bei einem Tank mit Rundumverstärkung

ANMERKUNG: Das Biegemoment eines Trägers mit gleichmäßiger Streckenlast, der als Mittel zwischen frei aufliegend und eingespannt betrachtet wird, ist:

$$M = \frac{F x}{10}$$

Die Tankwand wird am Boden als eingespannt und an der Randversteifung als frei aufliegend angesehen. Danach ist die Randbelastung 1/5 der Wandbelastung

$$F = \frac{1}{5} \frac{p x y}{2}$$

wobei  $p$  der Bodendruck ist.

Dies führt zu der Gleichung:

$$M = \frac{p x^2 y}{100}$$

Bei der Durchbiegung wird ebenso verfahren (siehe Gleichung (13)).

## 7 Tanks mit Rundumverstärkung und satter, ebener Auflage des Bodens

### 7.1 Allgemeines

Diese Konstruktion wird vorzugsweise für große Tanks verwendet. Die Wanddicken sind für jedes Feld einzeln zu berechnen. Die Höhen der Felder können so bestimmt werden, daß sich möglichst gleiche Wanddicken ergeben. Andererseits können die Höhen oder Felder so festgelegt werden, daß jeder Verstärkungsträger gleich belastet wird. Das Gewicht der Verstärkungen darf die Tankwand nicht über Gebühr zusätzlich belasten. Falls notwendig, sind die Verstärkungen getrennt von der Tankwand abzustützen.

Die Bodendicke muß in der gleichen Größe wie die der Seitenwände sein.

### 7.2 Berechnung der Mindestwanddicke der Seitenwände

#### 7.2.1 Allgemeines

Die Berechnungsart der einzelnen Felder hängt von ihrer Lage und ihren Seitenverhältnissen ab. In den Gleichungen

ist für  $y$  die jeweilige freie Höhe des Feldes  $y_n$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) einzusetzen.

#### 7.2.2 Berechnung des oberen Feldes

Es sind die in 6.1 aufgeführten Gleichungen zu verwenden. Dabei ist in die Gleichungen für den Flächendruck ( $p$ ) der Druck am letzten unter der Randversteifung liegenden Verstärkungsträger einzusetzen. Für die gesamte Höhe des Tanks ( $y$ ) ist die Höhe des oberen Feldes einzusetzen.

#### 7.2.3 Berechnung der Zwischenfelder und des unteren Feldes

##### 7.2.3.1 Allgemeines

Für die Berechnung wird ein mittlerer Überdruck  $p_m$  zugrunde gelegt (siehe Bild 8).

##### 7.2.3.2 Seitenverhältnis $x/y < 0,5$

Es sind die Gleichungen aus 6.1.2 zu verwenden.

##### 7.2.3.3 Seitenverhältnis $0,5 \leq x/y \leq 2$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (17) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{\beta_3 p_m y^2}{\sigma_{al}}} \quad (17)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (18) zu berechnen.

$$f = \frac{\alpha_3 p_m y^4}{E_{c(al),D} I^3} \quad (18)$$

Die Werte für  $\beta_3$  und  $\alpha_3$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

##### 7.2.3.4 Seitenverhältnis $x/y > 2$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (19) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p_m y^2}{2 \sigma_{al}}} \quad (19)$$

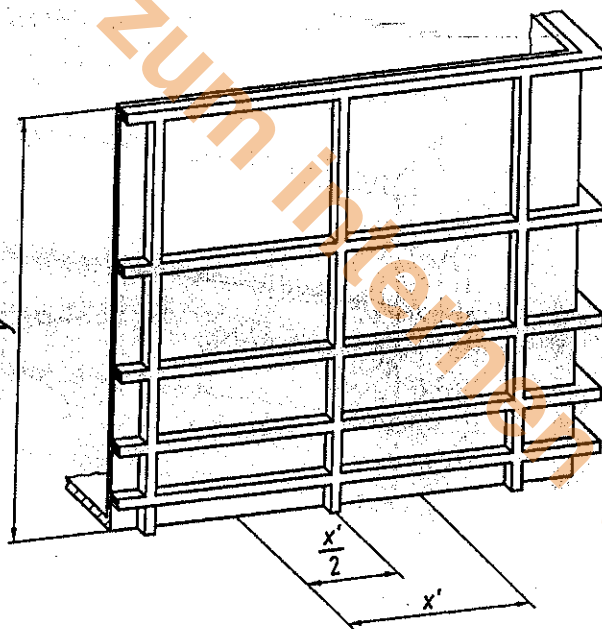


Bild 9: Tank mit kreuzverrippten Seitenwänden

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (20) zu berechnen.

$$f = \frac{p_m y^4}{32 E_{c(al.)_D} t^3} \quad (20)$$

ANMERKUNG: Hier liegt die Gleichung für die gleichförmig belastete und allseitig eingespannte Platte vor.

### 7.3 Berechnung der horizontalen Verstärkungsträger

Die Träger werden als Mittel zwischen frei aufliegenden und eingespannten Biegebalken berechnet. Diese Aussage trifft nur für Verstärkungsträger mit biegesteifen Eckverbindungen zu. Die Flächenlast hierzu ergibt sich aus einem über der halben Höhe des oberen und unteren Feldes gemittelten Überdruck  $p_n$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ) (siehe Bild 8). Der unterste Träger ist so zu dimensionieren, daß seine Durchbiegung 1% der Höhe des unteren Feldes nicht überschreitet, um die Schweißnaht am Tankboden zu entlasten. Die Eigenschaften der Verstärkungsträger, ausgenommen der Randverstärkung, sind nach den Gleichungen (21), (22) und (23) zu berechnen.

$$f = \frac{p_n y' x^4}{128 E J} \quad (21)$$

$$M = \frac{p_n y' x^2}{10} \quad (22)$$

$$W = \frac{p_n y' x^2}{10 \sigma_{al.}} \quad (23)$$

Diese Gleichungen liefern die Grundlage zur Bestimmung der Wanddicke und des Profils des Verstärkungsträgers. Genaue Einzelheiten der Abmessungen und der Profilform sind zwischen dem Tankhersteller und dem Zulieferer der Profile zu vereinbaren.

Die Randverstärkung ist wie unter 6.2 zu berechnen. Dabei wird in die Gleichungen für den Flächendruck  $p$  der

Druck am letzten unter der Randverstärkung liegenden Verstärkungsträger eingesetzt. Für  $y$  ist die Höhe des oberen Feldes einzusetzen.

## 8 Tanks mit kreuzgerippten Seitenwänden und satter, ebener Auflage des Bodens

### 8.1 Berechnung der Mindestwanddicke, der Bodendicke und der Rundumverstärkung

Für die Berechnung der Mindestwanddicke, der Bodendicke und der Rundumverstärkung sind die maßgebenden Gleichungen aus Abschnitt 7 zu verwenden.

### 8.2 Berechnung der vertikalen Verstärkungsträger

Die Berechnungsmethode basiert auf der Annahme, daß die Durchbiegung der vertikalen Verstärkung als Mittel zwischen frei aufliegendem und fest eingespanntem Träger mit linear zunehmender Streckenlast anzusehen ist. Damit die vertikale Verstärkung als feste Auflage angenommen werden kann, darf deren Durchbiegung nicht größer sein als 1% der Höhe oder Länge des oberen Feldes (die kürzere Abmessung dieser beiden bestimmt die zulässige Durchbiegung).

Wenn die Randverstärkung als Auflage für die vertikalen Träger dient, ist sie mit der Gesamtlänge  $x$  (Abstand zwischen den vertikalen Verstärkungsträgern) zu bemessen.

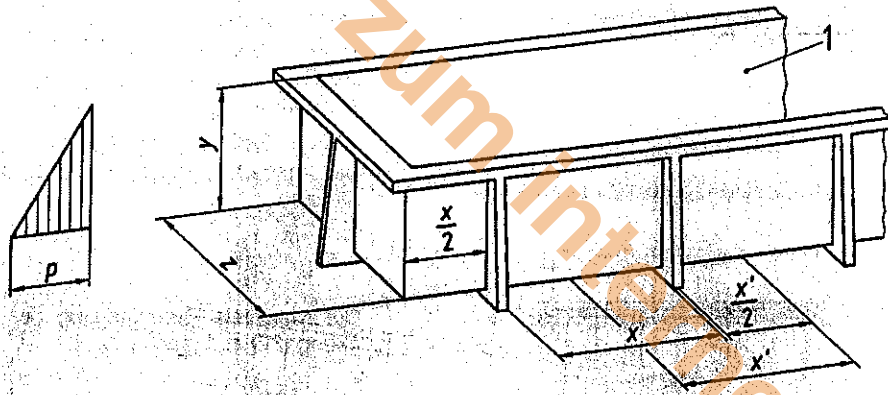
Die Eigenschaften der vertikalen Verstärkungsträger sind nach den Gleichungen (24), (25) und (26) zu berechnen.

$$f = \frac{p x' y^4}{255 E J} \quad (24)$$

$$M = \frac{p x' y^2}{17,5} \quad (25)$$

$$W = \frac{p x' y^2}{17,5 \sigma_{al.}} \quad (26)$$





1 Wand, Platte aus Thermoplast

ANMERKUNG: Verlauf der Biegemomente wie in Bild 7.

Bild 10: Tank mit Jochverstärkung

## 9 Rechtecktanks mit Jochverstärkungen

### 9.1 Allgemeines

Diese Bauart ist in den Fällen zu verwenden, in denen eine umlaufende Verstärkung nicht sinnvoll ist, zum Beispiel sehr lange Tanks wie in Bild 10.

### 9.2 Berechnung der Wanddicke der Seitenwände

Die Wanddicke der Seitenwände ist nach den Gleichungen aus 6.1 zu berechnen.

### 9.3 Berechnung des Bodens

#### 9.3.1 Seitenverhältnis $x/z < 0,5$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (27) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p x^2}{3 \sigma_{al}}} \quad (27)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (28) zu berechnen.

$$f = \frac{p x^4}{16 k E_{c(al.)D} t^3} \quad (28)$$

Der Beiwert  $k$  ist entweder 1 (für  $x < z$ ) oder 2 (für  $x/z = 0,5$ ).

#### 9.3.2 Seitenverhältnis $0,5 \leq x/z \leq 2$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (29) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{\beta_3 p z^2}{\sigma_{al}}} \quad (29)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (30) zu berechnen.

$$f = \frac{\alpha_3 p z^4}{E_{c(al.)D} t^3} \quad (30)$$

#### 9.3.3 Seitenverhältnis $x/z > 2$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (31) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p z^2}{2 \sigma_{al}}} \quad (31)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (32) zu berechnen.

$$f = \frac{p z^4}{32 E_{c(al.)D} t^3} \quad (32)$$

### 9.4 Berechnung der Jochverstärkungen

Die Größe der Jochverstärkungen ist unter der Annahme von Durchlaufträgern auf zwei Stützen mit beidseitigen Kragarmen zu berechnen. Die Kragarme unterliegen einer Dreieckslast, und die Träger sind mit einer Flächenlast in Höhe des Bodendruckes belastet.

## 10 Berechnung des Tankdeckels

### 10.1 Allgemeines

Für die Berechnung ist die Plattentheorie anzuwenden. Der Deckel ist vorzugsweise unversteift auszuführen. Wird ein Deckel mit Versteifungen ausgeführt, so müssen diese bei einer Mediumtemperatur  $> 60^\circ\text{C}$  oben auf dem Deckel angebracht werden. Ist der Deckel nicht ausreichend verwindungssteif, sind diagonal Versteifungen anzubringen. Mit  $x$  wird immer die längere Seite bezeichnet.

### 10.2 Frei aufliegender Tankdeckel

Die Mindestwanddicke eines frei aufliegenden Tankdeckels (siehe Bild 11) ist nach Gleichung (33) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{\beta_5 p_D x^2}{\sigma_{al}}} \quad (33)$$

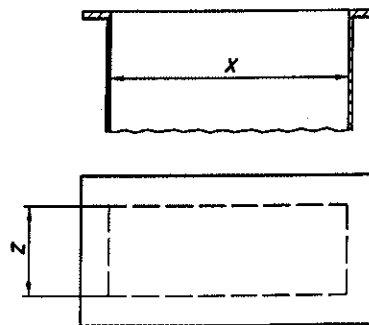
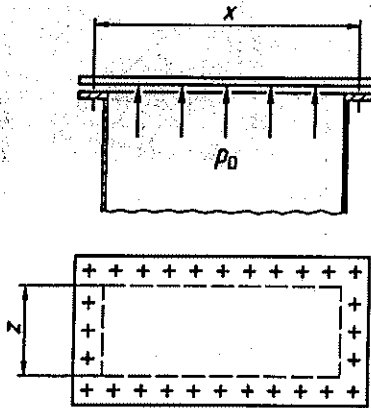


Bild 11: Bezugsmaße für Tankdeckel

Die maximale Durchbiegung des Deckels ist nach Gleichung (34) zu berechnen:

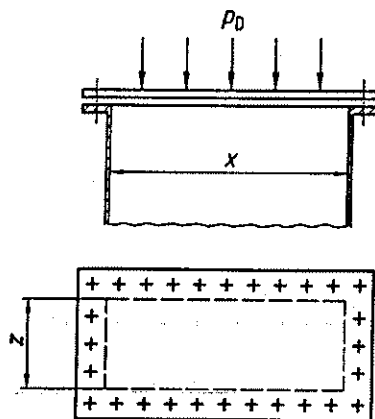
$$f = \frac{\alpha_5 p_D x^4}{E_{c(al.)_D} t^3} \quad (34)$$

Die Werte für  $\alpha_5$  und  $\beta_5$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.



↑  $p_D$  – Richtung der Druckkraft

Bild 12: Bezugsmaße am Tankdeckel für Innendruck



↓  $p_D$  – Richtung der Druckkraft

Bild 13: Bezugsmaße am Tankdeckel für Außendruck

### 10.3 Fest eingespannter Tankdeckel

#### 10.3.1 Allgemeines

Die Bilder 12 und 13 zeigen Bezugsmaße für Innen- und Außendruck auf den Tankdeckel.

#### 10.3.2 Seitenverhältnis $1 \leq x/z \leq 2$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (35) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{\beta_3 p_D x^2}{\sigma_{al.}}} \quad (35)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (36) zu berechnen.

$$f = \frac{\alpha_3 p_D x^4}{E_{c(al.)_D} t^3} \quad (36)$$

#### 10.3.3 Seitenverhältnis $x/z > 2$

Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (37) zu berechnen.

$$t = \sqrt{\frac{p_D x^2}{2 \sigma_{al.}}} \quad (37)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (38) zu berechnen.

$$f = \frac{p_D x^4}{32 E_{c(al.)_D} t^3} \quad (38)$$

### 10.4 Verstärkter (ausgesteifter) Tankdeckel

#### 10.4.1 Berechnung der Wanddicke und Durchbiegung

Die Gleichungen in 10.3.2 oder 10.3.3 sind zu verwenden.

#### 10.4.2 Ermittlung der Größe der Verstärkung des Tankdeckels

Das Flächenmoment 1. Grades ( $W$ ) eines verstärkten (ausgesteiften) Tankdeckels (siehe Bild 14) ist nach Gleichung (39) zu berechnen.

$$W = \frac{x^2 z p_D}{8 \sigma_{al.}} \quad (39)$$

Wenn die Durchbiegung ( $f$ ) bei der Berechnung verwendet wird, ist das Flächenmoment 2. Grades (früher Flächenträgheitsmoment) ( $J$ ) der Verstärkung nach Gleichung (40) zu berechnen.

$$J = \frac{5 p_D z x^4}{384 E f} \quad (40)$$

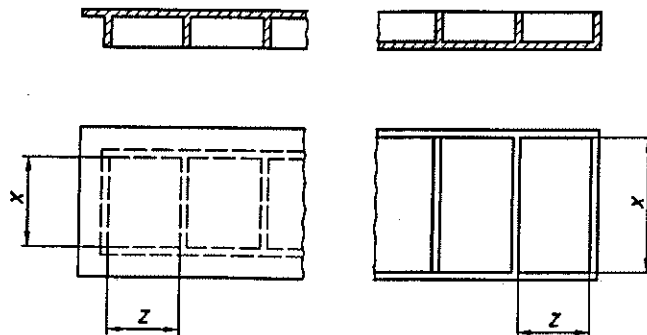


Bild 14: Bezugsmaße von verstärkten Tankdeckeln

Tabelle 1: Verformungsbeiwerte  $\alpha$  und Wanddickenbeiwerte  $\beta$

| $x/y$ oder $x/z$ | $\alpha_1$ | $\beta_1$ | $\alpha_2$ | $\beta_2$ | $\alpha_3$ | $\beta_3$ | $\alpha_5$ | $\beta_5$ |
|------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 0,5              | 0,0009     | 0,09      | 0,00092    | 0,074     | 0,0019     | 0,13      | —          | —         |
| 0,6              | 0,0020     | 0,10      | 0,0020     | 0,097     | 0,0037     | 0,17      | —          | —         |
| 0,7              | 0,0035     | 0,12      | 0,0032     | 0,12      | 0,0061     | 0,22      | —          | —         |
| 0,8              | 0,0055     | 0,15      | 0,0049     | 0,15      | 0,0090     | 0,26      | —          | —         |
| 0,9              | 0,0075     | 0,18      | 0,0068     | 0,18      | 0,012      | 0,29      | —          | —         |
| 1,0              | 0,011      | 0,21      | 0,0088     | 0,21      | 0,015      | 0,31      | 0,045      | 0,29      |
| 1,2              | 0,017      | 0,27      | 0,013      | 0,26      | 0,021      | 0,39      | 0,063      | 0,38      |
| 1,4              | 0,028      | 0,33      | 0,017      | 0,31      | 0,025      | 0,44      | 0,078      | 0,45      |
| 1,6              | 0,046      | 0,43      | 0,020      | 0,34      | 0,028      | 0,47      | 0,09       | 0,52      |
| 1,8              | 0,061      | 0,45      | 0,022      | 0,35      | 0,029      | 0,49      | 0,10       | 0,57      |
| 2,0              | 0,082      | 0,50      | 0,024      | 0,36      | 0,031      | 0,50      | 0,11       | 0,61      |
| 2,5              | 0,138      | 0,64      | 0,0258     | 0,37      | 0,031      | 0,50      | 0,13       | 0,68      |
| 3,0              | 0,194      | 0,74      | 0,0260     | 0,37      | 0,031      | 0,50      | 0,14       | 0,71      |
| 4,0              | 0,259      | 0,87      | 0,0264     | 0,38      | 0,031      | 0,50      | 0,14       | 0,74      |
| $\infty$         | 0,4        | 1,0       | 0,029      | 0,4       | 0,031      | 0,50      | 0,14       | 0,75      |

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

## Anhang A (informativ)

### Konstruktive Details von Rechtecktanks

#### A.1 Allgemeine Gestaltungsgrundsätze

Allgemeine Regeln für die Gestaltung und Dimensionierung von Schweißverbindungen nach EN 12573-1 Anhang B.

Große Dehnungsdifferenzen zwischen Verstärkung und Wand, hervorgerufen durch Temperaturwechsel, sollten durch konstruktive Maßnahmen berücksichtigt werden.

Eine Belastung der Stützen durch Armaturen und Rohrleitungen (zum Beispiel durch Wärmedehnung und Gewichte) sollte durch den Einbau von Kompensatoren oder durch entsprechende Rohrleitungsführung und -verlegung vermieden werden.

#### A.2 Symbole und Abkürzungen

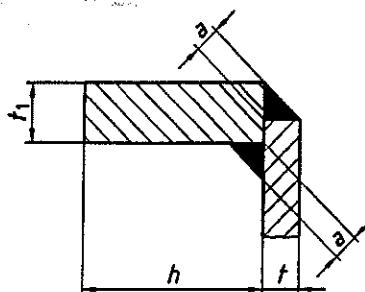
Für die Anwendung dieses Anhangs gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen:

- $a$  die Dicke der Schweißnaht, in Millimeter
- $d$  die Höhe eines U-Profiles, in Millimeter
- $f_1$  die Tiefe der Schweißnaht im Querschnitt, in Millimeter
- $f_2$  die äußere Schweißnahtüberhöhung, in Millimeter
- $h$  die Höhe der Verstärkung, in Millimeter
- $l$  der Abstand der Schweißnaht vom Ende des Kreisbogens der Kofferecke, in Millimeter
- $R$  der Radius der Konstruktionselemente, in Millimeter

- $t_n$  die Dicke der Konstruktionselemente, in Millimeter
- $u$  der Überstand des Bodens, in Millimeter
- $\alpha$  der Öffnungswinkel, in Grad (für die Bilder A.2, A.3 und A.9 zwischen 45° und 90°)

#### A.3 Gestaltungsbeispiele

##### A.3.1 Obere umlaufende Randverstärkung

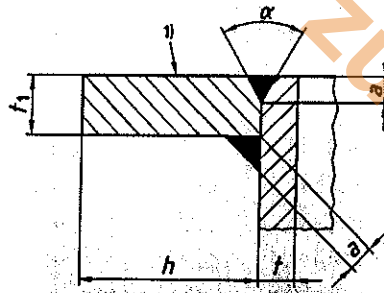


$$t_1 > t$$

$$a = 0,7 \cdot t$$

$$h/t_1 \leq 8$$

Bild A.1: Steg mit Kehlnähten



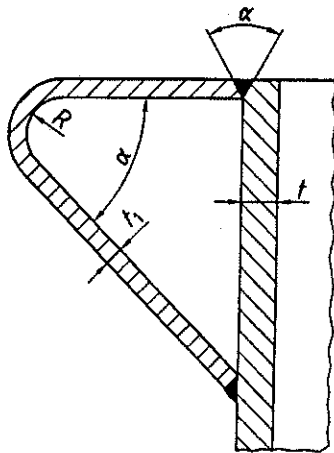
$$t_1 > t$$

$$a = 0,7 \cdot t$$

$$h/t_1 \leq 8$$

1) wenn notwendig abgearbeitet

Bild A.2: Steg mit Kehl- und V-Naht



$t_1 < t$   
 $R \leq 2 \cdot t_1$ , aber nicht kleiner als 10 mm,  
oder schwenkbiegeschweißt

Bild A.3: Dreieckprofil

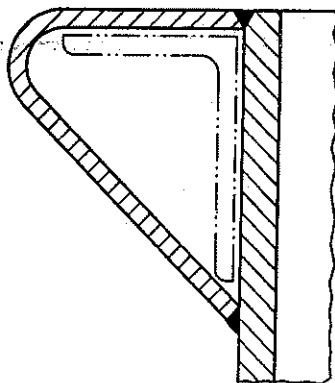
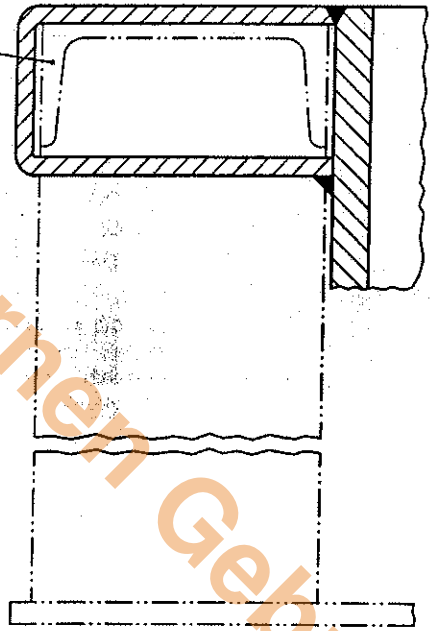


Bild A.4: Dreieckprofil mit  
Stahlrahmeneinlage

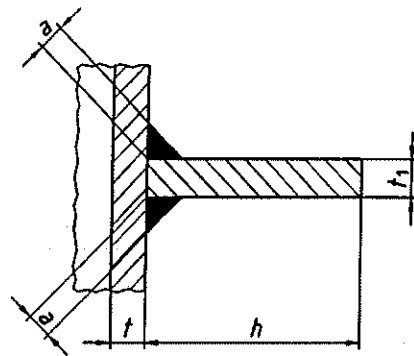


1 Stahl

Für den Stützrahmen können die unterschiedlichsten Profile eingesetzt werden. Bei schweren Verstärkungsprofilen und größeren senkrechten Zusatzlasten sind die entstehenden Kräfte durch senkrechte Stützen abzutragen. Anstelle der Schwenkbiegeschweißung kann auch eine Abkantung, z. B. bei PVC, in Betracht kommen.

Bild A.5: Rechteckprofil mit Stahleinlage

### A.3.2 Waagrecht umlaufende Tankwand-Verstärkungen

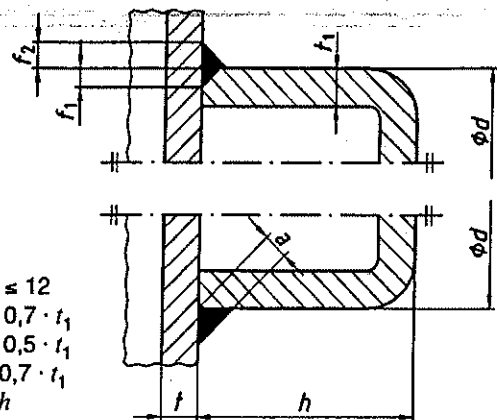


$$t_1 \geq t$$

$$a = 0,7 \cdot t$$

$$h/t_1 \leq 8$$

Bild A.6: Flachprofil



$$h/t_1 \leq 12$$

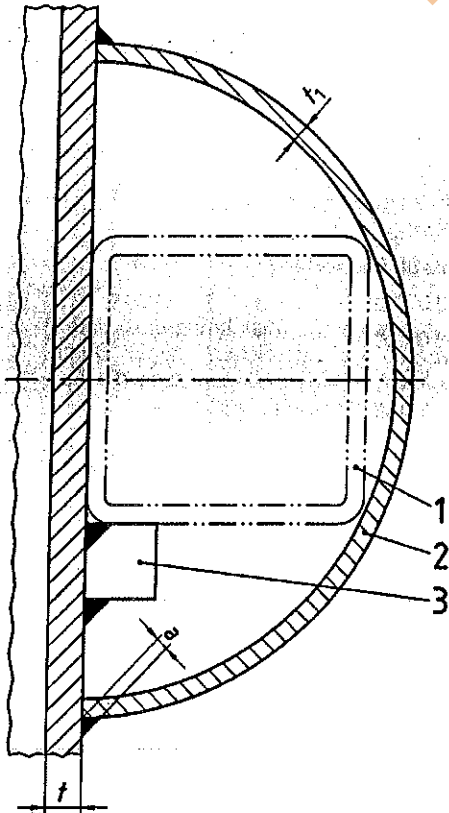
$$f_2 = 0,7 \cdot t_1$$

$$f_1 = 0,5 \cdot t_1$$

$$a = 0,7 \cdot t_1$$

$$d \leq h$$

Bild A.7: U-Profil



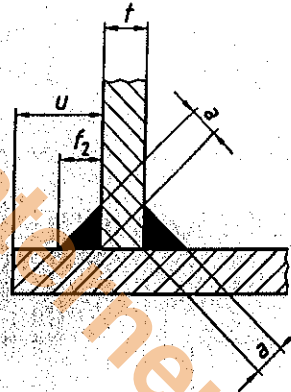
- 1 Profilstahlrahmen
- 2 Halbiertes Rohr
- 3 Auflage

$t_1 < t$   
 $a = 0,7 \cdot t_1$

Länge der Auflage etwa 100 mm  
Abstand etwa 1000 mm

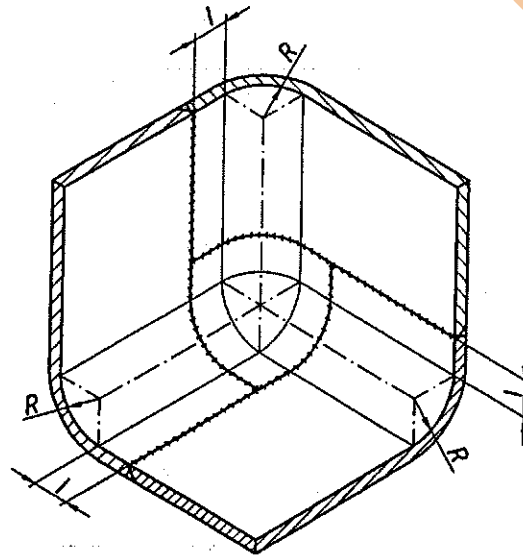
Bild A.8: Verkleidetes Stahlvierkantrohr

A.3.3 Verbindung Wand – Boden



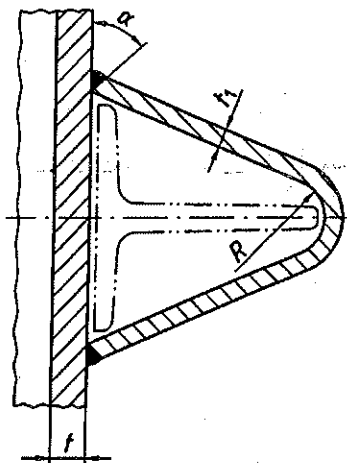
$f_2 < u \leq f_2 + 10 \text{ mm}$  je nach Schweißverfahren  
 $a = 0,7 \cdot t$

Bild A.10: T-Stoß mit Doppelkehlnaht



$l \geq 50 \text{ mm}; R \geq 50 \text{ mm}$

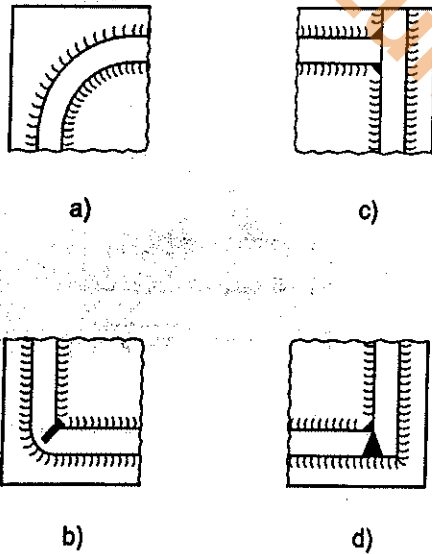
Bild A.11: Gerundeter Mantel-Boden-Übergang



$t_1 < t$   
 $R \leq 2 \cdot t_1$ , aber nicht kleiner als 10 mm,  
oder schwenkbiegegeschweißt

Bild A.9: Verkleideter T-Stahlrahmen

### A.3.4 Senkrechte Behälterkanten

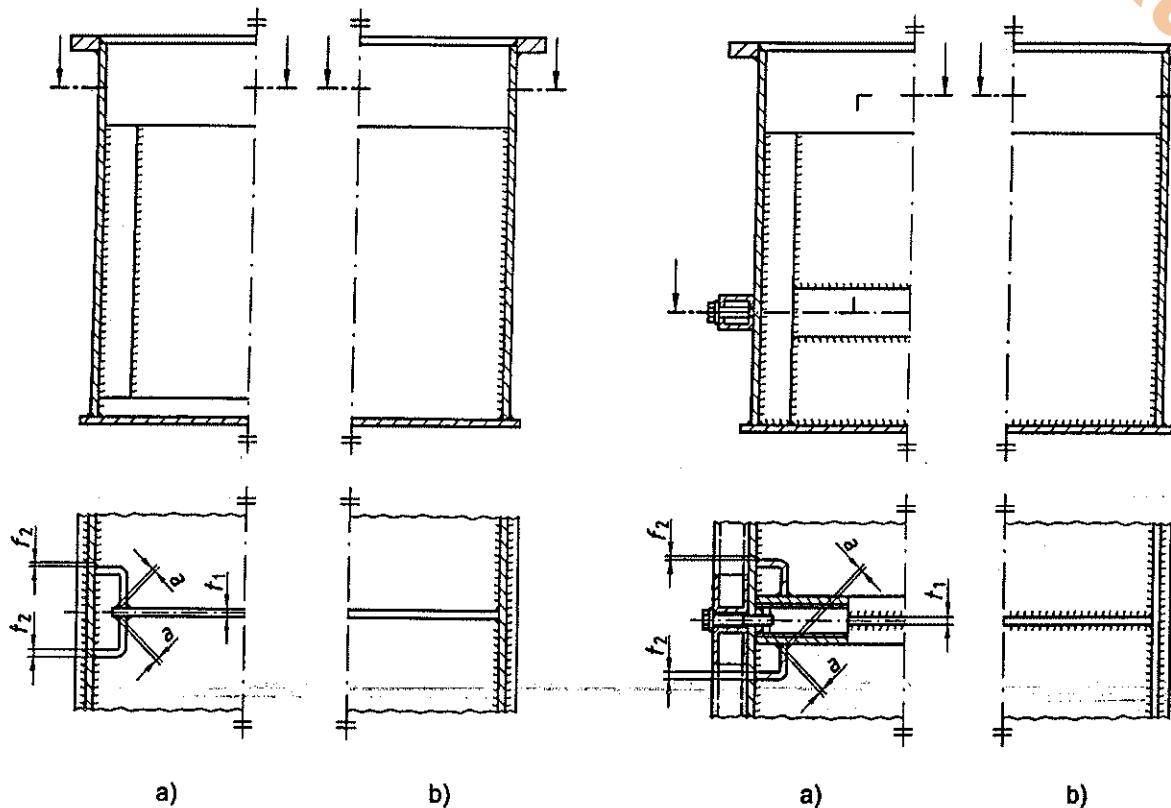


- a) warmgeformt
- b) schwenkbiegegeschweißt
- c) T-Stoß mit Doppelkehlnaht
- d) Stoß mit Kehl- und V-Naht

Im allgemeinen sollten die Ausführungen a) und b) verwendet werden. Bei ausreichend gegen Durchbiegung versteiften Wänden können auch die Ausführungen c) und d) verwendet werden.

Bild A.12: Verschiedene Ausführungen von Ecken

### A.3.5 Zwischenwände



$$t_2 \leq t_1$$

$$a = 0,5 \cdot t_2$$

$$f_2 = 0,5 \cdot t_2$$

- a) Zwischenwand mit Kompensation zur Entlastung der Schweißnaht. Wird die Zwischenwand am Boden angeschweißt, ist beidseitige Kompensation nötig.
- b) Die Zwischenwand dient gleichzeitig als Zuganker. Der Schweißanschluß ist entsprechend zu dimensionieren.

Bild A.13: Beidseitig gleichmäßig belastete Zwischenwand

$$t_2 \leq t_1$$

$$a = 0,5 \cdot t_2$$

$$f_2 = 0,5 \cdot t_2$$

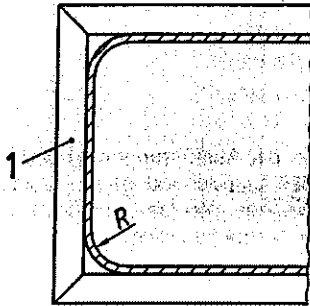
Schweißangaben wie bei Bild A.13.

- a) Die Stahlverstärkung der Zwischenwand dient gleichzeitig als Zuganker. Dadurch wird die rechnerische Stützweite des äußeren umlaufenden Rahmens verkleinert.
- b) Die Zwischenwand dient gleichzeitig als Zuganker. Der Schweißanschluß ist entsprechend zu dimensionieren.

Bild A.14: Einseitig belastete Zwischenwand

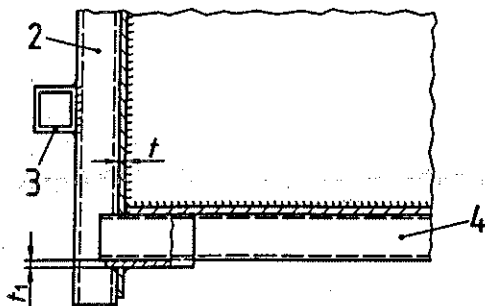
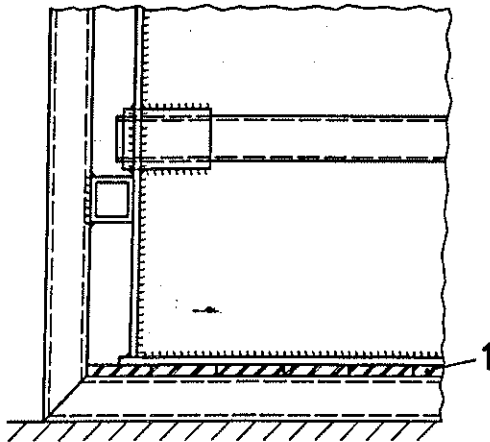
### A.3.6 Konstruktive Maßnahmen zur Aufnahme von Dehnungsdifferenzen zwischen den Verstärkungen und der Tankwand

Verstärkung liegt am Tank an. Dehnungsdifferenzen werden in den Eckbereichen aufgenommen.



$R \geq 50 \text{ mm}$   
1 Stahlrahmen

Bild A.15: Gerundete Ecken zur Dehnungsaufnahme



Der Tank kann in Längsrichtung innerhalb der Stahlkonstruktion gleiten.

$$t = t_1$$

- 1 Durchgehende Auflage, z. B. aus Holz
- 2 Längsträger
- 3 Joch
- 4 Stirnträger

Bild A.16: Voneinander unabhängige Längs- und Stirnträger

### A.3.7 Tankstutzen

Stutzen kleiner Nennweite ( $DN \leq 50$ ) erfordern Verstärkungen in Form von Rippen, Kegeln oder ähnlichem, wie in den Bildern A.17 und A.18 gezeigt.

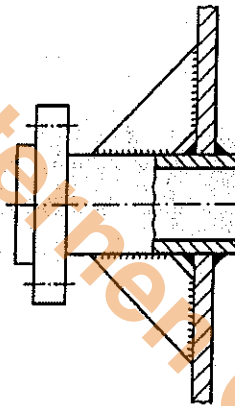


Bild A.17: Stutzen mit Rippenverstärkung

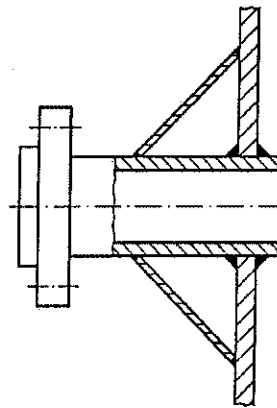
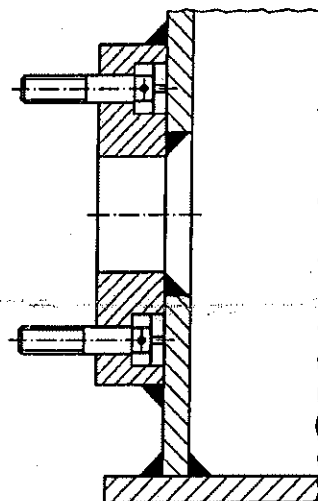


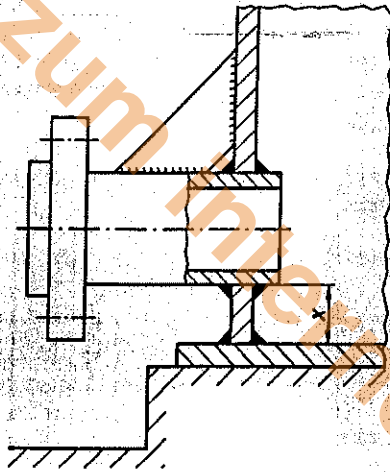
Bild A.18: Stutzen mit Kegelverstärkung



Bei dieser Flanschausführung sind die Schrauben gegen Verdrehen zu sichern, zum Beispiel durch:

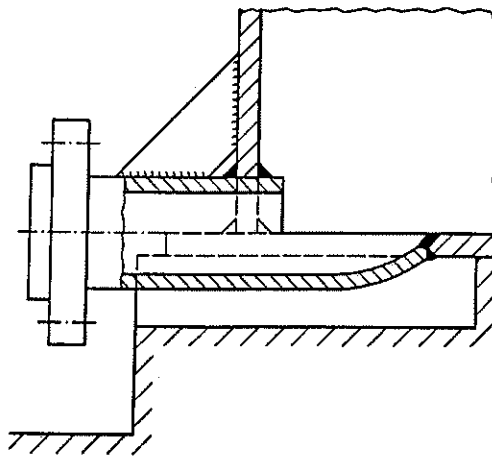
- Warmeindrücken der Schraubenköpfe in die Rückseite der Platte (Bohrungen gleich Schlüsselweite), oder
- einen Drahttring durch die Schraubenköpfe, oder
- einen vollständigen Stahlring mit angeschweißten Gewindebolzen.

Bild A.19: Blockflansch

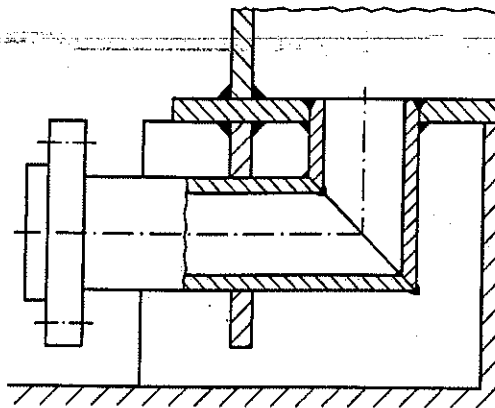


Der Abstand  $x$  sollte so groß gewählt werden, daß Freiraum zum Schweißen vorhanden ist.

**Bild A.20: Stützen in Bodennähe**



**Bild A.21: Seitlicher Auslaufstützen am Tankboden**



**Bild A.22: Auslaufstützen im Tankboden**



## Anhang B (informativ)

### Sonderfälle

Die Anwendung dieses Anhanges ist optional, aber wenn er für Sonderfälle angewendet wird, wird er normativ.

#### B.1 Aufgeständerter Tank

In Fällen, in denen der Tank nicht satt auf dem Untergrund aufliegt, sondern in oder auf einem Tragrahmen steht, ist der Boden nach 9.3 zu berechnen.

#### B.2 Grenzen der Gültigkeit für die Konstruktionsmethode nach der Plattentheorie

##### B.2.1 Allgemeines

Wegen der niedrigen Steifigkeit von unverstärkten Kunststoffen sind großflächige Bauteile nicht in der Lage, äußere Belastungen durch Biegekräfte aufzunehmen. Wenn die Durchbiegung eines Feldes mehr als die Hälfte der Wanddicke des Feldes annimmt, wird ein erheblicher Teil der Lasten durch Membrankräfte, d. h. Zugkräfte, aufgenommen, siehe Bild B.1. Deshalb sind für die Berechnungen Fallunterscheidungen zu machen. Die Fälle werden auf der Grundlage des Steifigkeitskoeffizienten  $N$  unterschieden. Die Größe des Steifigkeitskoeffizienten ist nach Gleichung (B.1) zu berechnen.

$$N = \frac{p y^4}{E_{c(al.)_D} t^4} \quad (B.1)$$

##### B.2.2 Steifigkeitskoeffizient $N \leq 30$

Es sind die in Abschnitt 6 und 9.3 angegebenen Gleichungen zu verwenden.

##### B.2.3 Steifigkeitskoeffizient $N > 30$

Es gelten die Beziehungen, die Biegung und Zug berücksichtigen. Für eine vierseitig eingespannte Platte mit gleichmäßiger Flächenlast und einem Seitenverhältnis  $x/y = 1$ ,  $\alpha_4 = 0,32$  und  $\beta_4 = 0,24$  ist die Mindestwanddicke nach Gleichung (B.2) zu berechnen.

$$t = \sqrt{A^2 + B} - A \quad (B.2)$$

Dabei ist:

$$A = \frac{\beta_3}{2 \beta_4} \cdot y \sqrt{\frac{\sigma_{al.}}{E_{c(al.)_D}}}$$

$$B = \frac{p y^2 \beta_3}{\sigma_{al.}}$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (B.3) zu berechnen.

$$f = \sqrt[3]{C + \sqrt{C^2 + D}} \quad (B.3)$$

Dabei ist:

$$C = \frac{\alpha_4^3}{2} \cdot \frac{p y^4}{E_{c(al.)_D} t}$$

$$D = \frac{\alpha_4^9 r^6}{27 \alpha_3^3}$$

##### B.2.4 Steifigkeitskoeffizient $N > 1000$

Bei sehr großen Werten für  $N$  kann mit den Membrangleichungen gerechnet werden. (Für  $N = 1000$  beträgt der Fehler etwa 6% gegenüber dem Ansatz für  $N > 30$  und  $x/y = 1$ .)

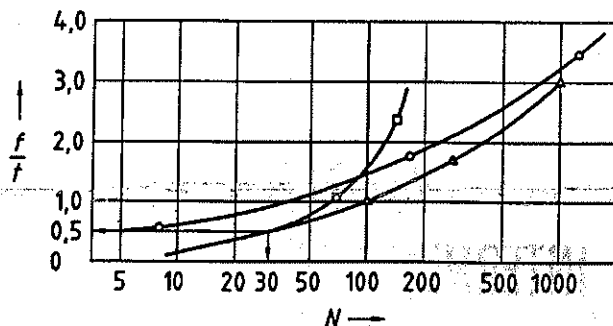
Die Mindestwanddicke ist nach Gleichung (B.4) zu berechnen.

$$t = \beta_4 p y \sqrt{\frac{E_{c(al.)_D}}{\sigma_{al.}^3}} \quad (B.4)$$

Die maximale Durchbiegung der Wand ist nach Gleichung (B.5) zu berechnen.

$$f = \alpha_4 \sqrt[3]{\frac{y^4 p}{t E_{c(al.)_D}}} \quad (B.5)$$

Die Werte für  $\beta_3$  und  $\alpha_3$  sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die Werte für  $\alpha_4$  und  $\beta_4$  nach B.2.3.



□ steife Platte ○ Membran ▽ Platte und Membran

Bild B.1: Gültigkeitsbereiche der Platten- und Membrantheorie

## Anhang C (informativ)

### A-Abweichungen

A-Abweichung: Nationale Abweichung, die auf Vorschriften beruht, deren Veränderung zum gegenwärtigen Zeitpunkt außerhalb der Kompetenz des CEN/CENELEC-Mitgliedes liegt.

Diese Europäische Norm fällt nicht unter eine EU-Richtlinie. In den betreffenden CEN/CENELEC-Ländern gelten diese A-Abweichungen anstelle der Festlegungen der Europäischen Norm so lange, bis sie zurückgezogen sind.

#### Deutschland

- Verordnung über Anlagen zur Lagerung, Abfüllung und Beförderung brennbarer Flüssigkeiten zu Lande (Verordnung über brennbare Flüssigkeiten – VbF).

Ausgabe 12/96: Paragraph 4 Absatz 1 und Anhang II Punkt 1.2.1 Absatz a) und Punkt 2.1.2 Absatz (6).

Zusätzlich zu den in dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen gilt in Deutschland:

Wandungen von Tanks zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 55 °C oder von Tanks, die in explosionsgefährdeten Bereichen aufgestellt werden, müssen so gebaut sein, daß die Betriebsbedingungen zu keiner gefährlichen elektrostatischen Aufladung führen können.

Dazu müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- Alle metallischen Teile des Tanks sowie alle elektrisch leitfähigen Lamine müssen miteinander leitfähig verbunden sein. Der Widerstand zwischen den leitfähigen Teilen und dem Untergrund darf  $10^6 \Omega$  nicht überschreiten.
- Der Ableitwiderstand der begehbaren Flächen innerhalb und außerhalb des Tanks darf  $10^6 \Omega$  nicht überschreiten.
- Der Oberflächenwiderstand der Tankwände aus elektrisch nicht leitfähigen Laminen darf  $10^9 \Omega$  nicht überschreiten.

#### Schweden

- Act (1989 : 868) and Ordinance (1989 : 1145) on Flammables and Explosives.
- Regulations on Storage and Handling of Flammables, SIND-FS 1981 : 2 Kap. 3 and SÄIFS 1995 : 7 Kap. 5.

Zusätzlich zu den in dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen gilt in Schweden:

Tanks für brennbare Flüssigkeiten sind in ihren Einsatzmöglichkeiten begrenzt. Sie sind nur für brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt > 55 °C, wie Heizöl und Dieselmotoren, zugelassen.

Die Tanks müssen von einer Inspektionsstelle des Typs C nach EN 45000 und nach den technischen Anforderungen, die durch das „Inspectorate“ herausgegeben werden, zugelassen sein.

Die Aufstellung von Tanks für diese brennbaren Flüssigkeiten ist nur innerhalb von Gebäuden zugelassen und ist mit Anforderungen an den Feuerwiderstand bezogen auf das Volumen des Tanks verbunden.

### Literaturhinweise

Bittner, E.: Platten und Behälter (Plates and Tanks), Springer Verlag, Wien, New York 1965.

Timoshenko, S.: Theory of plates and Shells. McGraw Hill Book Comp. New York/London 1959.

Stieglat, K. and Wippel, H.: Massive Platten (Thick plates), Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin/München 1976.

Bouché, Ch.: Dubbels Handbuch für den Maschinenbau (Dubbels Handbook for Engineering), Springer Verlag Berlin/Heidelberg/New York 1966.

Kunz, A.: Formelsammlung (Formulae collection) VGB Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V. 1976.

Franz, G.: Beton-Kalender (Concrete-Calendar), Part 1, Verlag Ernst & Sohn, Berlin/München/Düsseldorf 1976.

Timoshenko, S.: Strength of materials, Part II: Advanced theory and problems, second edition – twelfth printing, D. van Nostrand Company, Inc., Toronto, New York, London.

**NUR FÜR INTERNEN GEBRAUCH  
VERVIELFÄLTIGUNG VERBOTEN!**