

Einsprüche bis 31. Mai 2010

Dieser Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Ergänzungs- oder Änderungsvorschläge werden erbeten an den DVS e.V., Postfach 10 19 65, 40010 Düsseldorf.

Dieses Beiblatt 9 zur Richtlinie DVS 2205-2 wurde von der DVS-AG W4.3b (Konstruktive Gestaltung/Apparatebau) zusammen mit dem Sachverständigenausschuss des Deutschen Instituts für Bautechnik „Kunststoffbehälter und -rohre“ (Projektgruppe „Berechnung“) erarbeitet.

Inhalt:

1	Geltungsbereich
2	Konstruktion
2.1	Anschluss der Zarge
2.1.1	Gelenkiger Anschluss
2.1.2	Biegesteifer Anschluss
2.2	Steifen
2.3	Unterboden
2.4	Lüftung des Raums unter dem Schrägboden
3	Berechnungsgrößen
4	Schnittkraftermittlung für den Festigkeitsnachweis
4.1	Zylinder
4.1.1	Lastfall Füllung
4.1.2	Lastfall Überdruck
4.2	Schrägboden
4.2.1	Lastfall Füllung
4.2.2	Lastfall Überdruck
5	Festigkeitsnachweis
6	Schnittkraftermittlung für die Stabilitätsnachweise
6.1	Lastfall Füllung
6.1.1	Steifen
6.1.2	Zarge
6.2	Lastfall Überdruck
6.2.1	Steifen
6.2.2	Zarge
7	Stabilitätsnachweise
7.1	Steifen
7.2	Zarge
8	Bemessung
9	Verankerungen
10	Konstruktive Details
11	Schrifttum

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Konstruktions- und Berechnungsregeln gelten für stehende, zylindrische, werkstoffgefertigte Thermoplast-Behälter mit Standzarge und durch parallele Steifen unterstützte Schrägböden. Zylinder und Zarge können entweder aus Tafeln gefertigt oder im Wickelverfahren hergestellt sein.

Für die Anwendung dieses Beiblatts müssen folgende Voraussetzungen eingehalten werden:

- Die Steifen werden parallel zur Neigungsrichtung des Schrägbodens angeordnet (trapezförmige Steifen).
- Zur Restentleerung ist eine Öffnung im Schrägboden – mit Krümmer durch die Zarge geführt – vorgesehen. Die mittlere Steife ist hierzu mittels einer Quersteife an beiden Seiten der Öffnung vorbeizuführen. Die Öffnung in der Zarge wird mit ei-

nem Rohrstützen mindestens der Länge $d_A/2$ verstärkt, der auf beiden Seiten mit gleichem Überstand verschweißt wird. Sind die beiden Wechselsteifen mit der Zarge verschweißt, kann der Rohrstützen entfallen.

- Absperrventile bzw. sonstige Armaturen sind außerhalb der Zarge anzuordnen; eine Zugänglichkeit des Raumes unterhalb des Schrägbodens ist nicht gegeben.

- Es wird ein Behälter mit Schrägboden ohne Auffangbehälter berechnet.

2 Konstruktion

Der untere Bereich des Behälters mit Schrägboden besteht aus folgenden vier Konstruktionselementen:

- unterer Zylinderschuss,
- Schrägboden,
- Zarge,
- Steifen, durch Schotte gestützt.

2.1 Anschluss der Zarge**2.1.1 Gelenkiger Anschluss**

Bei aus Platten gefertigten Behältern bietet es sich an, Zylinder und Zarge getrennt zu fertigen und den Boden dazwischen anzuordnen. Der untere Schuss und die Zarge werden dazu dem Winkel des Schrägbodens entsprechend angefast. Der Schrägboden wird mit einem Außendurchmesser von ca. $d + 5 \cdot s$ gefertigt. Unterer Schuss und Schrägboden werden innen und außen mit einer Extrudernahat $a \geq 0,7 \cdot s$ verbunden. Die Zarge wird mit dem Schrägboden nur von außen mit einer Extrudernahat $a \geq 0,7 \cdot s$ verbunden (gelenkiger Anschluss der Zarge).

2.1.2 Biegesteifer Anschluss

Zylinder und Zarge werden in einem Stück gefertigt. Der Schrägboden wird eingepasst und von oben und unten biegesteif mit dem Zylinder und der Zarge verschweißt (biegesteifer Anschluss der Zarge).

2.2 Steifen

Die Steifen werden in äquidistanten Abständen parallel zueinander angeordnet. Die Steifen sind exakt zuzuschneiden; sie können – müssen aber nicht – mit dem Schrägboden verschweißt werden. Die Steifen werden durch Schotte gestützt, die zueinander den gleichen Abstand wie die Steifen haben. Schotte und Steifen sind miteinander zu verschweißen. Die Enden der Steifen sind gegen seitliches Ausweichen zu sichern; dies kann entweder durch Anschweißen an die Zarge, oder mittels zusätzlicher Schotte geschehen.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

2.3 Unterboden

Es kann ein abschließender Unterboden von außen an die Zarge mit einer durchgehenden Extrudernaht $a > 0,7 \cdot s$ angeschweißt werden. Wenn der Behälter nicht verankert werden muss, langt eine für den Transport geeignete Heftnaht.

2.4 Lüftung des Raums unter dem Schrägboden

Der Raum unter dem Schrägboden muss belüftet sein, um einen Druckausgleich bei Temperaturänderungen zu ermöglichen. Dies ist gegeben, wenn das Entleerungsrohr nicht mit der Zarge verschweißt wird.

Der obere Teil des Behälters wird analog zum Flachbodenbehälter konstruiert und berechnet.

3 Berechnungsgrößen

$K_{LB,d}^F$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei langzeitiger Einwirkung im Schrägboden aus Lastfall Füllung
$K_{LB,d}^{pü}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei langzeitiger Einwirkung im Schrägboden aus Lastfall Überdruck
$K_{KB,d}^{püK}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei kurzzeitiger Einwirkung im Schrägboden aus Lastfall Überdruck
$K_{K,d}^*$	N/mm ²	Bemessungswert der Festigkeit bei kurzzeitiger Einwirkung
$K_{Zar}^{pü}$	N/mm ²	Zugbeanspruchung aus $p_{ü}$ in der Zarge
$K_{Zar}^{püK}$	N/mm ²	Zugbeanspruchung aus $p_{üK}$ in der Zarge
M_W	Nmm	Biegemoment aus Windlast am unteren Zargenrand
m	–	Anzahl der Steifen
n	–	Anzahl der Ringe am Ersatzbehälter
A_1	–	Abminderungsfaktor für den Einfluss der spezifischen Zähigkeit für langfristig wirkende Wandtemperatur
A_{1K}	–	Abminderungsfaktor für den Einfluss der spezifischen Zähigkeit für kurzzeitig wirkende Wandtemperatur
A_2	–	Abminderungsfaktor für das Medium bei Festigkeitsnachweisen
A_{2I}	–	Abminderungsfaktor für das Medium bei Stabilitätsnachweisen
A_R	mm ²	Querschnittsfläche des offenen Rings
b_{Pr}	mm	Breite der Ankerpratze
d	mm	Nenninnendurchmesser von Zylinder und Zarge
$E_K^{T°C}$	N/mm ²	Kurzzeit-E-Modul bei T°C
$E_K^{20°C}$	N/mm ²	Kurzzeit-E-Modul bei 20°C
$E_L^{20°C}$	N/mm ²	Langzeit-E-Modul bei 20°C
g	m/sec ²	Erdbeschleunigung
G_D	N	Eigenlast des Daches
G_Z	N	Eigenlast des Zylinders
G_B	N	Eigenlast des Schrägbodens
G_{Zar}	N	Eigenlast der Zarge
h_F	mm	Füllhöhe gemessen vom tiefsten Punkt des Schrägbodens
h_S	mm	mittlere Höhe des höchsten Beulfeldes der Steifen
$K_{LZ,d}^{F,A}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei langzeitiger Einwirkung im Zylinder aus Lastfall Füllung an der Stelle A
$K_{LZ,d}^{F,B}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei langzeitiger Einwirkung im Zylinder aus Lastfall Füllung an der Stelle B
$K_{LZ,d}^{pü,A}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei langzeitiger Einwirkung im Zylinder aus Lastfall Überdruck an der Stelle A
$K_{LZ,d}^{pü,B}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei langzeitiger Einwirkung im Zylinder aus Lastfall Überdruck an der Stelle B
$K_{KZ,d}^{püK,A}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei kurzzeitiger Einwirkung im Zylinder aus Lastfall Überdruck an der Stelle A
$K_{KZ,d}^{püK,B}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung bei kurzzeitiger Einwirkung im Zylinder aus Lastfall Überdruck an der Stelle B
$N_{R,d}^{Füllung}$	N	Bemessungswert der globalen Druckkraft aus Füllung im Unterstützungsring
$N_{Zar,d}^{Füllung}$	N	Bemessungswert der globalen Druckkraft aus Füllung in der Zarge
$N_{Zar,d}^{Schnee}$	N	Bemessungswert der globalen Druckkraft aus Schneelast in der Zarge
p_s	N/mm ²	Schneedruck auf das Dach
$p_{üK}$	N/mm ²	kurzzeitig wirkender Unterdruck
$p_{üK}$	N/mm ²	kurzzeitig wirkender Überdruck
$p_{ü}$	N/mm ²	langzeitig wirkender Überdruck
r	mm	Radius von Zylinder/Zarge
s	mm	Wanddicke des untersten Schusses, der Zarge und des Schrägbodens
s_B	mm	Wanddicke des Unterbodens
s_S	mm	Wanddicke der Steifen und Schotte
T_A	°C	mittlere Umgebungstemperatur (nach Miner, siehe DVS 2205-1)
T_{AK}	°C	höchste Umgebungstemperatur
T_M	°C	mittlere Medientemperatur (nach Miner, siehe DVS 2205-1)
T_{MK}	°C	Höchste Medientemperatur
W_R	mm ³	Widerstandsmoment des offenen Rings
z_S	mm	Schwerpunktsabstand des offenen Rings von der Zylinderachse
α	Grad	Neigungswinkel des Schrägbodens gemessen gegen die Horizontale
α_{Zar}	–	Faktor für Axialstabilität, Zarge
β	–	Seitenverhältnis des Beulfeldes
$\eta_{A,S}$	–	Ausnutzung der Axialstabilität in Steife
$\eta_{A,Zar}$	–	Ausnutzung der Axialstabilität in der Zarge
γ_{F1}	–	Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkung (Eigenlast, Füllung)
γ_{F2}	–	Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkung (Drücke, Wind)
γ_{F3}	–	Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkung (verringemde Eigenlast)
γ_I	–	Wichtungsbeiwert nach DVS 2205-2, Tabelle 2
γ_M	–	Teilsicherheitsbeiwert des Widerstands/der Beanspruchbarkeit
μ	–	Querdehnungszahl
ρ_F	g/cm ³	Dichte des Füllmediums
σ_e	N/mm ²	Beulspannung in Steife

$\sigma_{k,d}$	N/mm ²	Bemessungswert der Beulspannung in Steife
$\sigma_{k,Zar,d}$	N/mm ²	Bemessungswert der axialen Beulspannung der Zarge
$\sigma_{S,d}^F$	N/mm ²	Bemessungswert der Druckbeanspruchung der Steife, Lastfall Füllung
$\sigma_{S,d}^{pük}$	N/mm ²	Bemessungswert der Druckbeanspruchung der Steife, Lastfall Überdruck
$\sigma_{Zar,d}^F$	N/mm ²	Bemessungswert der Druckbeanspruchung der Zarge, Lastfall Füllung
$\sigma_{Zar,d}^{vorh}$	N/mm ²	Bemessungswert der Druckbeanspruchung der Zarge

4 Schnittkraftermittlung für den Festigkeitsnachweis

Die Schnittkräfte können mit einem Finite-Elemente-Programm aber auch näherungsweise mit einem Rotationsschalenprogramm für dünnwandige Elemente mit linear-elastischem Ansatz ermittelt werden. Auf diese Weise ist es möglich, die Wanddicken von Zylinder, Zarge und auch für den Schrägboden so zu bestimmen, dass die Ausnutzung der einzelnen Elemente optimal ist, d. h. es ermöglicht eine wirtschaftliche und sichere Bemessung.

In diesem Beiblatt werden Formeln für die Handrechnung zur Verfügung gestellt. Für deren Anwendung sind folgende Einschränkungen des Geltungsbereichs zu beachten:

- Die Wanddicken des unteren Zylinderschusses, der Zarge und des Schrägbodens sind identisch.
- Der Neigungswinkel des Schrägbodens wird auf maximal 10 Grad beschränkt.
- Es sind 3, 5 oder 7 Steifen anzuordnen.
- Das Wanddicken-Radius-Verhältnis liegt innerhalb folgender Grenzen $0,04 > s/r > 0,01$.
- Nur die Steifen haben Kontakt zum Schrägboden.
- Eventuelle Schweißnähte im Schrägboden werden quer zu den Steifen angeordnet.

4.1 Zylinder

Zwei Stellen müssen betrachtet werden:

Stelle A Zylinderwand senkrecht zur mittleren Steife, Boden durch Steife unterstützt.

Um die größte Beanspruchung im Zylinder zu berechnen wird angenommen, dass die Steife mit der Zarge verschweißt ist. So kann sich der untere Rand des Zylinders nicht verdrehen; dies bedeutet, der Zylinder ist als voll eingespannt zu berechnen.

Stelle B Zylinderwand parallel zu den Steifen, Boden bis zur äußeren Steife ungestützt.

Die Beanspruchung des Zylinders wird ersatzweise an einem fiktiven Behälter mit ringgestütztem Flachboden berechnet. Für m Steifen werden $n = (m-1)/2$ Ringe angesetzt.

4.1.1 Lastfall Füllung

4.1.1.1 Stelle A

$$K_{LZ,d}^{F,A} = 1,87 \cdot \gamma_{F1} \cdot \rho_F \cdot g \cdot 10^{-6} \cdot (h_F + r \cdot \tan \alpha_B) \cdot \frac{r}{s} \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma_1 \quad \text{N/mm}^2 \quad (1)$$

4.1.1.2 Stelle B

$$K_{LZ,d}^{F,B} = \gamma_{F1} \cdot \rho_F \cdot g \cdot 10^{-6} \cdot h_F \cdot \frac{1}{e^{A \cdot \ln(\frac{s}{d}) + B}} \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma_1 \quad \text{N/mm}^2 \quad (2)$$

Tabellen 1 und 2 zeigen die Konstanten A und B.

4.1.2 Lastfall Überdruck

4.1.2.1 Stelle A

$$K_{LZ,d}^{pü,A} = (1,87 + 0,5) \cdot \gamma_{F2} \cdot p_0 \cdot \frac{r}{s} \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma_1 \quad \text{N/mm}^2 \quad (3)$$

$$K_{KZ,d}^{püK,A} \text{ analog mit } p_{üK}$$

4.1.2.2 Stelle B

$$K_{LZ,d}^{pü,B} = \gamma_{F2} \cdot p_0 \cdot \frac{1}{e^{C \cdot \ln(\frac{s}{d}) + D}} \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma_1 \quad \text{N/mm}^2 \quad (4)$$

$$K_{KZ,d}^{püK,B} \text{ analog mit } p_{üK}$$

Tabellen 1 und 2 zeigen die Konstanten C und D.

4.2 Schrägboden

Zwei Stellen müssen betrachtet werden:

Stelle B Zylinderwand parallel zu den Steifen, Boden bis zur Steife ungestützt.

Die Beanspruchung des Schrägbodens (Feldmoment) wird ersatzweise an einem fiktiven Behälter mit ringgestütztem Flachboden berechnet. Für m Steifen werden $n = (m-1)/2$ Ringe angesetzt.

Stelle C Schrägboden über der äußeren Steife (Stützmoment) wird auch an einem fiktiven Behälter mit ringgestütztem Flachboden berechnet. Vergleichsberechnungen an einem fiktiven Durchlaufträger ergaben geringere Beanspruchungen.

4.2.1 Lastfall Füllung

Die größte Beanspruchung infolge Füllung tritt entweder im Schrägboden am Übergang zu Zylinder/Zarge, oder im Schrägboden über den Steifen auf. Es sind daher beide Beanspruchungen zu berechnen; die größere der beiden Beanspruchungen ist maßgeblich. Die Beanspruchungen wirken parallel zur eventuellen Schweißnaht im Boden, ein Schweißfaktor muss nicht angesetzt werden.

Die folgende Formel für den Bemessungswert der größten Beanspruchung berücksichtigt die Summe der Biege- und der Normalspannungen.

$$K_{LB,d}^F = \gamma_{F1} \cdot \rho_F \cdot g \cdot 10^{-6} \cdot h_F \cdot \max \left[\frac{1}{e^{E \cdot \ln(\frac{s}{d}) + F}}, \frac{1}{e^{G \cdot \ln(\frac{s}{d}) + H}} \right] \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma_1 \quad \text{N/mm}^2 \quad (5)$$

Tabellen 1 und 2 zeigen die Konstanten E bis H.

4.2.2 Lastfall Überdruck

Die größte Beanspruchung im Zylinder tritt entweder am Übergang zum Boden oder im Schrägboden über den Steifen auf. Es sind daher beide Beanspruchungen zu berechnen; die größere der beiden Beanspruchungen ist maßgeblich. Die Beanspruchungen wirken parallel zur Schweißnaht im Boden, ein Schweißfaktor muss nicht angesetzt werden.

Die folgende Formel für den Bemessungswert der größten Beanspruchung berücksichtigt die Summe der Biege- und der Normalspannungen.

$$K_{LB,d}^{pü} = \gamma_{F2} \cdot p_0 \cdot \max \left[\frac{1}{e^{K \cdot \ln(\frac{s}{d}) + L}}, \frac{1}{e^{M \cdot \ln(\frac{s}{d}) + N}} \right] \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \gamma_1 \quad \text{N/mm}^2 \quad (6)$$

$$K_{KB,d}^{püK} \text{ analog mit } p_{üK}$$

Tabellen 1 und 2 zeigen die Konstanten K bis N.