

Ersetzt Ausgabe Januar 2011

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Berechnungsgrößen
- 3 Belastungen
 - 3.1 Lasten
 - 3.1.1 Gesamteigenlast
 - 3.1.2 Last des Füllgutes G_F
 - 3.2 Wind
 - 3.2.1 Windlasten
 - 3.2.2 Radialsymmetrische Ersatzbelastung infolge Winddrucks
 - 3.3 Montagelasten
 - 3.4 Temperatur
- 4 Standsicherheitsnachweise
 - 4.1 Festigkeitsnachweise
 - 4.1.1 Einwirkungen
 - 4.1.2 Mantel
 - 4.1.3 Boden
 - 4.1.4 Schweißverbindung Boden/Mantel
 - 4.1.5 Verankerungen
 - 4.1.6 Hebeösen
 - 4.2 Stabilitätsnachweise
 - 4.2.1 Überlagerung der Einwirkungen
 - 4.2.2 Axialstabilität
 - 4.2.3 Manteldruckstabilität
 - 4.3 Nachweis der Auftriebssicherheit
 - 5 Anhang
 - 5.1 Erläuterungen
 - 5.2 Schrifttum
 - 5.3 Temperatur- und zeitabhängige E-Moduln für Stabilitätsberechnungen
 - 5.4 Konstruktive Details

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Konstruktions- und Berechnungsregeln gelten für Auffangvorrichtungen in Form von stehenden, zylindrischen, werkstoffgefertigten Flachbodenbehältern aus thermoplastischen Kunststoffen, insbesondere

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

Der zylindrische Mantel mit durchgehend gleicher oder abgestufter Wanddicke kann aus Tafeln zusammenschweißt sein, aus einem Wickelrohr oder einem extrudierten Rohr bestehen. Zylinder und Boden der Auffangvorrichtung dürfen keinerlei Öffnungen aufweisen.

Die Hauptabmessungen sind abhängig von denen der Behälter, die sie aufnehmen sollen, siehe hierzu Abschnitt 5.

Die Mindestwanddicke beträgt 4 mm.

Die Zuständigkeiten bestimmter Rechtsgebiete (z. B. Baurecht, Wasserrecht, Arbeitsschutzrecht usw.) sind zu beachten.

2 Berechnungsgrößen

a	mm	Schweißnahtdicke
A_B	m ²	Fläche des Bodens
A_j	m ²	Windangiffsfläche (Teilfläche)
A_Z	m ²	Mantelfläche des Zylinders
A_1	–	Abminderungsfaktor für den Einfluss der spezifischen Zähigkeit
A_2	–	Abminderungsfaktor für den Medieneinfluss bei Festigkeitsnachweisen
A_{2K}	–	Abminderungsfaktor für den Medieneinfluss bei Festigkeitsnachweisen bei 3-monatiger Einwirkung
A_{2l}	–	Abminderungsfaktor für das Medium bei Stabilitätsnachweis
$b_{\text{Ö}}$	mm	Breite der Hebeöse
b_{Pr}	mm	Breite der Pratte
C	–	$C_1 \cdot C_2$
C_1	–	Spannungserhöhungsfaktor
C_2	–	werkstoffspezifischer Gestaltfaktor
C^*	–	Beiwert für den außendruckbelasteten Kreis-zylinder
c_f	–	aerodynamischer Kraftbeiwert
d	mm	Nenninnendurchmesser
d_L	mm	Lochdurchmesser in der Hebeöse
d_{max}	mm	größter Zylinderdurchmesser
d_{min}	mm	kleinster Zylinderdurchmesser
d_{Sch}	mm	Durchmesser des Schekel
$E_K^{20^\circ C}$	N/mm ²	E-Modul bei kurzzeitiger Belastung für 20°C
$E_K^{30^\circ C}$	N/mm ²	E-Modul bei kurzzeitiger Belastung für 30°C
$E_L^{20^\circ C}$	N/mm ²	E-Modul bei langzeitiger Belastung für 20°C
f_s	–	Langzeit-Schweißfaktor
f_z	–	Kurzzeit-Schweißfaktor
g	m/s ²	Erdbeschleunigung (9,81 m/s ²)
G_B	N	Eigenlast des Bodens
G_E	N	Gesamteigenlast
G_F	kN	Last des Füllgutes
G_Z	N	Eigenlast des Zylinders
h_F	mm	Füllhöhe
$h_{F,i}$	mm	Füllhöhe des Schusses i
h_Z	mm	zylindrische Höhe
$h_{Z,i}$	mm	Höhe des Schusses i
h_{ZF}	mm	Höhe des untersten Schusses

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.

$K_{K, \text{vorh}}$	N/mm ²	Beanspruchung bei kurzzeitiger Einwirkung
$K_{K, d, \text{vorh}}$	N/mm ²	Bemessungswert einer kurzzeitig wirkenden Beanspruchung
$K_{M, d, \text{vorh}}$	N/mm ²	Bemessungswert einer Beanspruchung bei mittlerer Einwirkdauer
K_K^*	N/mm ²	Zeitstandfestigkeit für 10 ⁻¹ Stunden
$K_{M, d}^*$	N/mm ²	Bemessungswert der Zeitstandfestigkeit für die mittlere Einwirkdauer
$K_{K, d}^*$	N/mm ²	Bemessungswert der Zeitstandfestigkeit für die kurze Einwirkdauer
l_o	mm	Länge des oberen Schusses des Ersatzzylinders
M_W	Nm	Biegemoment bei Windlast
p_{eu}	N/mm ²	Radialsymmetrische Ersatzbelastung infolge Winddrucks
$p_{kM, d}$	N/mm ²	Bemessungswert des kritischen Mantelbeuldrucks
p_{stat}	N/mm ²	Überdruck am Behälterboden durch das Füllmedium
$p_{stat, i}$	N/mm ²	Überdruck je Unterkante Abstufung durch das Füllmedium
q	kN/m ²	Geschwindigkeitsdruck
q_j	kN/m ²	Geschwindigkeitsdruck auf Teilfläche A_j
q_{max}	kN/m ²	größter am Behälter wirkender Geschwindigkeitsdruck
r	mm	Radius des Zylinders
R_d	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit
s_B	mm	Wanddicke des Bodens
$s_{\bar{O}}$	mm	Wanddicke der Hebeöse
s_Z	mm	Wanddicke des Zylinders
s_{ZF}	mm	Wanddicke des untersten Schusses
s_{ZF}^*	mm	statisch erforderliche Wanddicke
s_{Zm}	mm	mittlere Wanddicke des Zylinders
$s_{Z, 1}$	mm	Wanddicke des obersten Schusses
$s_{Z, i}$	mm	Wanddicke des Schusses i
s_o	mm	Wanddicke des oberen Schusses des Ersatzzylinders
S_d	N/mm ²	Bemessungswert der Beanspruchung
T_A	°C	mittlere Umgebungstemperatur (nach Miner, siehe DVS 2205-1)
T_{AK}	°C	höchste Umgebungstemperatur
T_M	°C	mittlere Medientemperatur des zugehörigen Behälters
u	%	zulässige Unrundheit
V	m ³	Füllvolumen
W_j	kN	Windlast
z	–	Anzahl der Anker
α	–	Hilfsgröße
β	–	Beiwert
δ	–	Beiwert
δ_A	–	Beiwert für die Ermittlung von A_{2K}
δ_B	–	Beiwert für die Bodenberechnung
ε	%	tolerierbare Randfaserdehnung
$\eta_{A, i}$	–	Ausnutzung der Axialstabilität im Schuss i
η_M	–	Ausnutzung der Manteldruckstabilität
γ_F	–	Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkung/Beanspruchung
γ_M	–	Teilsicherheitsbeiwert des Widerstands/der Beanspruchbarkeit
ρ	g/cm ³	Dichte des Werkstoffs ($\gamma = \rho \cdot g$)
ρ_F	g/cm ³	Dichte des Füllmediums
σ_G	N/mm ²	Membrandruckspannung aus Eigengewicht
$\sigma_{i, d, \text{vorh}}$	N/mm ²	Bemessungswert der maßgeblichen axialen Druckspannung im Schuss i
σ_K	N/mm ²	kritische Beulspannung

$\sigma_{k, i, d}$	N/mm ²	Bemessungswert der kritischen Beulspannung im Schuss i
σ_W	N/mm ²	Membrandruckspannung aus der Windlast

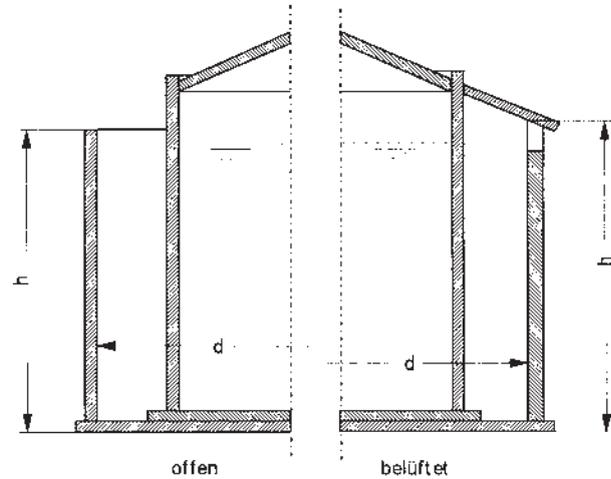


Bild 1. Auffangvorrichtung für Flachbodenbehälter.

3 Belastungen

Die Auffangvorrichtungen werden für die gleiche rechnerische Betriebszeit wie für den zugehörigen Behälter ausgelegt, wobei der Lastfall Füllung aus Leckage für drei Monate angesetzt wird.

Im Standsicherheitsnachweis sind die folgenden Lasten zu berücksichtigen.

3.1 Lasten

3.1.1 Gesamteigenlast G_E

$$G_E = G_Z + G_B \quad \text{N} \quad (1)$$

Eigenlast des Zylinders G_Z

$$G_Z = A_Z \cdot s_Z \cdot \rho \cdot g \quad \text{N} \quad (2)$$

Eigenlast des Bodens G_B

$$G_B = A_B \cdot s_B \cdot \rho \cdot g \quad \text{N} \quad (3)$$

Leitern, Bühnen, Podeste und Ähnliches sind unabhängig von der Auffangvorrichtung aufzustellen und zu befestigen, da sonst die freie Dehnung der Auffangvorrichtung, z. B. bei Füllung aus Leckage und bei Temperaturveränderungen behindert wird. Diese Behinderungen verursachen erhebliche Spannungsspitzen, die rechnerisch schwer zu erfassen sind und deren Berücksichtigung zu unwirtschaftlichen Konstruktionen führen. Wird hiervon abgewichen, ist ein entsprechender Nachweis zu erbringen.

3.1.2 Last des Füllgutes G_F

$$G_F = V \cdot \rho_F \cdot g \quad \text{kN} \quad (4)$$

3.2 Wind

3.2.1 Windlasten

Die Windlasten W_j sind wie folgt anzusetzen:

$$W_j = c_f \cdot q \cdot A_j \quad \text{kN} \quad (5)$$

Es bedeuten:

W_j Windlast der Teilfläche A_j

c_f aerodynamischer Kraftbeiwert

q Geschwindigkeitsdruck

A_j zugehörige Angriffsfläche in m² (für den Auffangbehälter: Durchmesser mal Höhe h_2)

Auf eine genaue Berechnung des aerodynamischen Kraftbeiwerts kann verzichtet werden, wenn die folgenden Kraftbeiwerte angesetzt werden:

Behälter $c_f = 0,8$ Kreiszylinder und Dach; hierin sind alle Stützen und Reihenaufstellung berücksichtigt

Leiter $c_f = 1,6$ Leitern mit 20% der Ansichtsfläche

Anbauten $c_f = 1,2$

Der Geschwindigkeitsdruck q ist ein Abhängigkeit von der Windzone, der Geländekategorie, der Geländehöhe über dem Meeresniveau und der Höhe des Behälters über dem Gelände nach DIN EN 1991-1-4/NA, Teil 1-4 zu entnehmen. Bis zu einer Höhe von 25 m über Grund darf mit den vereinfachten Annahmen des Absatzes NA.3.3.2 gerechnet werden.

Die Spannung aus dem Windmoment M_W darf vereinfacht wie folgt berechnet werden

$$\sigma_{W,i} = \frac{4 \cdot M_{W,x} \cdot 10^3}{\pi \cdot d^2 \cdot s_{Z,i}} \quad \text{N/mm}^2 \quad (6)$$

$M_{W,x}$ in der Höhe x über dem Behälterboden kann an einem eingespannten Ersatzstab berechnet werden.

$$M_{W,x} = c_{f1} \cdot q \cdot d \cdot \frac{(h_G - x)^2}{2} + c_{f2} \cdot q \cdot \sum (A_j \cdot a_j) \quad \text{Nm} \quad (7)$$

wobei a_j der Hebelarm der Windangriffsfläche A_j der Auf- und Anbauten bezogen auf die Höhe x ist.

3.2.2 Radialsymmetrische Ersatzbelastung infolge Winddrucks

Die durch das Anströmen des Windes auf den zylindrischen Mantel einwirkende Druckbelastung wird durch die Ersatzbelastung p_{eu} erfasst.

$$p_{eu} = \delta \cdot q_{max} \cdot 10^{-3} \quad \text{N/mm}^2 \quad (8)$$

Es bedeuten:

$$\delta = 0,46 \cdot \left(1 + 0,1 \cdot \sqrt{C^* \cdot \frac{r}{h_Z} \cdot \sqrt{\frac{r}{s_{Zm}}}} \right) \leq 0,6 \quad (9)$$

$$C^* = 0,6$$

$$s_{Zm} = \frac{\sum (h_{Z,i} \cdot s_{Z,i})}{h_Z} \quad \text{mm} \quad (10)$$

3.3 Montagelasten

Die Auffangvorrichtung ist für die bei Transport und Montage auftretenden Belastungszustände auszulegen. Dabei wird mit den 1,5-fachen Montagelasten (Stoßfaktor) gerechnet. Als Teilsicherheitsbeiwert wird γ_{F1} angesetzt. Es ist der Kurzzeitschweißfaktor nach DVS 2205-1 zu berücksichtigen.

3.4 Temperatur

Für die Bemessung der Bauteile ist die wirksame Wandtemperatur entscheidend. Im Leckagefall sind die medienbenutzten Teile mit der mittleren Medientemperatur T_M nachzuweisen.

Für nicht benetzte Teile darf vereinfachend als Wandtemperatur das Mittel der beiden benachbarten Lufttemperaturen angesetzt werden. Bei der Umgebungstemperatur wird nach Aufstellort und Einwirkdauer differenziert. Für Aufstellung in Deutschland gelten die folgenden Mindestwerte:

Mindestwerte	kurzzeitig	langzeitig
Innenaufstellung	$T_{AK} = 20^\circ\text{C}$	$T_A = 20^\circ\text{C}$
Außenaufstellung	$T_{AK} = 35^\circ\text{C}$	$T_A = 20^\circ\text{C}$

Für Stabilitätsnachweise im Zylinder gilt bei Außenaufstellung eine verminderte Umgebungstemperatur $T_{AK} - 5^\circ\text{C}$ (Windwirkung).

4 Standsicherheitsnachweise

Die Standsicherheitsnachweise werden nach dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte geführt. Es gilt allgemein

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1 \quad (10a)$$

mit S_d Bemessungswert der Beanspruchung
 R_d Bemessungswert der Beanspruchbarkeit

Dabei werden die charakteristischen Einwirkungen bzw. die Beanspruchungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_F gemäß Tabelle 1 multipliziert.

Tabelle 1. Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen.

Einwirkung	Teilsicherheitsbeiwert
Eigengewicht, Füllung, Montage	$\gamma_{F1} = 1,35$
Wind	$\gamma_{F2} = 1,5$
Beanspruchung verringertes Eigengewicht	$\gamma_{F3} = 0,9$

Zum Beispiel ergibt sich der Bemessungswert der vorhandenen Beanspruchung aus dem γ_F -fachen charakteristischen Wert der vorhandenen Beanspruchung im Bauteil.

$$K_{K,d}^{vorh} = \gamma_F \cdot K_K^{vorh} \quad (10b)$$

Die Bemessungswerte der vorhandenen Beanspruchung sind noch mit den Abminderungsbeiwerten A_1 und A_2 zu multiplizieren. Bei Nachweisen in der Schweißnaht ist der Bemessungswert der vorhandenen Beanspruchung durch den Schweißfaktor zu dividieren.

Die charakteristischen Widerstände bzw. die Beanspruchbarkeiten werden durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,3$ dividiert.

Zum Beispiel ergibt sich der Bemessungswert der Kurzzeitfestigkeit aus dem durch γ_M dividierten Wert der charakteristischen Kurzzeitfestigkeit K_K gemäß Zeitstandfestigkeitsdiagrammen der DVS 2205-1.

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M} \quad (10c)$$

4.1 Festigkeitsnachweise

4.1.1 Einwirkungen

Es ist stets die ungünstigste Kombination der gesamten Einwirkungen für jedes Bauteil zu suchen.

Entsprechend der Einwirkdauer sind drei Belastungskategorien zu unterscheiden.

- Kurzzeitig wirkende Belastungen (K)
z. B. Wind: q , p_{eu}
- Einwirkungen mittlerer Einwirkdauer (M)
z. B. Füllung im Leckagefall
- langfristig wirkende Belastungen (L)
z. B. Eigengewicht

Kurzzeitig wirkende Lastfälle müssen nicht miteinander kombiniert werden.

Die Einwirkdauer von kurzzeitig wirkenden Lasten wird mit 10^{-1} Stunden festgelegt und die von mittlerer Einwirkdauer mit 3 Monaten.

4.1.2 Mantel

Die Höhe des untersten Schusses h_{ZF} muss mindestens $1,4 \cdot \sqrt{d} \cdot s_{ZF}$ betragen. Bei abgestuften Behältern ist ein Wanddickenverhältnis benachbarter Schüsse von maximal 3 ohne weiteren Nachweis zulässig. Bei Dickensprüngen mit einem Wanddickenverhältnis größer als 2 ist die Mantelnahtausbildung nach DVS 2205-3 Bild 2.2 a), 2.2 c) oder 2.2 c1) zu verwenden.