

Ersetzt Ausgabe Januar 2008

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Berechnungsgrößen
- 3 Belastungen
  - 3.1 Lasten
    - 3.1.1 Gesamteigenlast
    - 3.1.2 Last des Füllgutes
  - 3.2 Wind
    - 3.2.1 Windlast
    - 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 Normen und Richtlinien
  - 5.3 Schrifttum
  - 5.4 Temperatur- und zeitabhängige E-Moduln für Stabilitätsberechnungen
  - 5.5 Konstruktive Details

**1 Geltungsbereich**

Die nachstehenden Konstruktions- und Berechnungsregeln gelten für Auffangvorrichtungen in Form von stehenden, zylindrischen, werkgefertigten 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 zusammengeschweißt 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 <sup>2</sup>	Fläche des Bodens
$A_j$	m <sup>2</sup>	Windangriffsfläche (Teilfläche)
$A_Z$	m <sup>2</sup>	Mantelfläche des Zylinders
$A_1$	–	Abminderungsfaktor für den Einfluss der spezifischen Zähigkeit (entspricht $A_4$ nach Richtlinie 2205-1)
$A_2$	–	Abminderungsfaktor für den Medieneinfluss bei Festigkeitsnachweisen
$A_{2K}$	–	Abminderungsfaktor für den Medieneinfluss bei Festigkeitsnachweisen bei 3-monatiger Einwirkung
$A_{2I}$	–	Abminderungsfaktor für das Medium bei Stabilitätsnachweis
$b_O$	mm	Breite der Hebeöse
$b_{Pr}$	mm	Breite der Pratte
c	–	Kraftbeiwert nach DIN 1055-4
C	–	$C_1 \cdot C_2$
$C_1$	–	Spannungserhöhungsfaktor
$C_2$	–	werkstoffspezifischer Gestaltfaktor
$C^*$	–	Beiwert für den außendruckbelasteten Kreis-zylinder
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 Sichel
$E_K^{20^\circ C}$	N/mm <sup>2</sup>	E-Modul bei kurzzeitiger Belastung für 20°C
$E_K^{30^\circ C}$	N/mm <sup>2</sup>	E-Modul bei kurzzeitiger Belastung für 30°C
$E_L^{20^\circ C}$	N/mm <sup>2</sup>	E-Modul bei langzeitiger Belastung für 20°C
$f_s$	–	Langzeit-Schweißfaktor
$f_z$	–	Kurzzeit-Schweißfaktor
g	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung (9,81 m/s <sup>2</sup> )
$G_B$	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
$K_{K,vorh}$	N/mm <sup>2</sup>	Beanspruchung bei kurzzeitiger Einwirkung
$K_{K,d,vorh}$	N/mm <sup>2</sup>	Bemessungswert einer kurzzeitig wirkenden Beanspruchung

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.

$K_{M,d}^{vorh}$	$N/mm^2$	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
$q_j$	$kN/m^2$	Staudruck auf Teilfläche $A_j$
$q_{max}$	$kN/m^2$	größter an der Auffangvorrichtung einwirkender Staudruck
$r$	mm	Radius des Zylinders
$R_d$	$N/mm^2$	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit
$s_B$	mm	Wanddicke des Bodens
$s_{\dot{O}}$	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
$T_A$	$^{\circ}C$	mittlere Umgebungstemperatur (nach Miner, siehe DVS 2205-1)
$T_{AK}$	$^{\circ}C$	höchste Umgebungstemperatur
$T_M$	$^{\circ}C$	mittlere Medientemperatur des zugehörigen Behälters
$u$	%	zulässige Unrundheit
$V$	$m^3$	Füllvolumen
$W_j$	kN	Windlast
$z$	–	Anzahl der Anker
$\alpha$	–	Hilfsgröße
$\beta$	–	Beiwert
$\delta$	–	Beiwert
$\delta_A$	–	Beiwert für die Ermittlung von $A_{2K}$
$\delta_B$	–	Beiwert für die Bodenberechnung
$\varepsilon$	%	tolerierbare Randfaserdehnung
$\eta_{A,i}$	–	Ausnutzung der Axialstabilität im Schuss $i$
$\eta_M$	–	Ausnutzung der Manteldruckstabilität
$\gamma_F$	–	Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkung/Beanspruchung
$\gamma_I$	–	Wichtungsbeiwert je nach Belastungsfall
$\gamma_M$	–	Teilsicherheitsbeiwert des Widerstands/der Beanspruchbarkeit
$\rho$	$g/cm^3$	Dichte des Werkstoffs ( $\gamma = \rho \cdot g$ )
$\rho_F$	$g/cm^3$	Dichte des Füllmediums
$\sigma_G$	$N/mm^2$	Membrandruckspannung aus Eigengewicht
$\sigma_{i,d}^{vorh}$	$N/mm^2$	Bemessungswert der maßgeblichen axialen Druckspannung im Schuss $i$
$\sigma_k$	$N/mm^2$	kritische Beulspannung
$\sigma_{k,i,d}$	$N/mm^2$	Bemessungswert der kritischen Beulspannung im Schuss $i$
$\sigma_W$	$N/mm^2$	Membrandruckspannung aus der Windlast

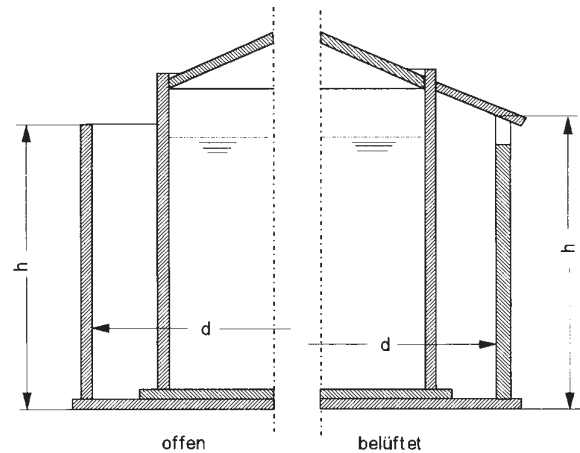


Bild 1. Auffangvorrichtung für Flachbodenbehälter.

### 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 $G_E$

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

Eigenlast des Zylinders  $G_Z$

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

Eigenlast des Bodens  $G_B$

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

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 $G_F$

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

#### 3.2 Wind

##### 3.2.1 Windlasten

Die Windlasten  $W_j$  sind wie folgt anzusetzen:

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

Es bedeuten:

$W_j$  Windlast der Teilfläche  $A_j$

$c_f$  Kraftbeiwert für Kreiszyylinder und Dach.

Gemäß DIN 1055-4 Abs. 10.2 darf  $c_{f1} = 0,8$  angesetzt werden, wobei eine Reihenaufstellung bereits berücksichtigt ist. Anbauten  $c_{f2} = 1,6$

$q$  Geschwindigkeitsdruck nach DIN 1055-4 Tabelle 2 in Abhängigkeit von der Windzone und der Höhe über Gelände  $h$

( $h = h_{\text{Behälter}} + h_{\text{Gebäude}}$  wenn Behälter auf einem Gebäude steht, sonst  $h = h_G = h_{\text{Behälter}}$ )

$A_j$  zugehörige Angriffsfläche in  $m^2$  (für den Behälter: Durchmesser mal Gesamthöhe  $h_G$  einschließlich Dach)

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:

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

$C^* = 0,6$  für den offenen Behälter

$$s_{zm} = \frac{\sum (h_{z,i} \cdot s_{z,i})}{h_z} \quad \text{mm} \quad (10)$$

### 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  $\gamma_{F1}$  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 medienbenetzten 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. Es gelten folgende 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

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1$$

mit  $S_d$  Bemessungswert der Beanspruchung  
 $R_d$  Bemessungswert der Beanspruchbarkeit

Dabei werden die charakteristischen Einwirkungen bzw. die Beanspruchungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_F$  gemäß Tabelle 1 multipliziert.

Tabelle 1. Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen.

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

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

$$K_{K,d}^{vorh} = \gamma_F \cdot K_K^{vorh}$$

Die Bemessungswerte der vorhandenen Beanspruchung sind noch mit den Abminderungsbeiwerten  $A_1$  und  $A_2$  sowie einem Wichtungsbeiwert  $\gamma_I$  zu multiplizieren, wobei der Wichtungsbeiwert die Belastungsart gemäß Tabelle 2 berücksichtigt. Bei Nachweisen in der Schweißnaht ist der Bemessungswert der vorhandenen Beanspruchung durch den Schweißfaktor zu dividieren.

Tabelle 2. Wichtungsbeiwert.

Belastungsart	$\gamma_I$
Belastungsfall I	1,0
Ruhende Belastung bei Raumtemperatur und konstanten Bedingungen. Im Schadensfall keine Gefährdung von Personen, Sachen und Umwelt möglich.	
Belastungsfall II	1,2
Belastung unter wechselnden Bedingungen (zum Beispiel Temperatur, Füllhöhe). Im Schadensfall Gefährdung von Personen, Sachen und Umwelt möglich; zum Beispiel überwachungs- und prüfpflichtige Anlagen oder Anlagenteile.	

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

Zum Beispiel ergibt sich der Bemessungswert der Kurzzeitefestigkeit aus dem durch  $\gamma_M$  dividierten Wert der charakteristischen Kurzzeitefestigkeit  $K_K^*$  gemäß Zeitstandfestigkeitsdiagrammen der DVS 2205-1.

$$K_{K,d}^* = \frac{K_K^*}{\gamma_M}$$

### 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.