

Ersetzt Ausgabe Januar 2010

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Berechnungsgrößen
- 3 Konstruktive Gestaltung
- 4 Belastungen
- 5 Temperatur
- 6 Standsicherheitsnachweise
 - 6.1 Unversteiftes Dach
 - 6.2 Dach mit Steifen
 - 6.2.1 Festigkeitsnachweis der Dachplatte quer zu den Steifen
 - 6.2.2 Nachweise längs der Steifen
- 7 Betretbarkeit
- 8 Anhang
 - 8.1 Erläuterungen
 - 8.2 Schrifttum
 - 8.3 Rechnerische E-Moduln für Stabilitätsberechnungen
 - 8.4 Konstruktive Details

1 Geltungsbereich

Die nachfolgenden Konstruktions- und Berechnungsregeln gelten für Flachdächer werkstoffgefertigter Flachbodenbehälter aus thermoplastischen Kunststoffen, insbesondere

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

Die Nachweise dieser Richtlinie gelten nur für innerhalb von Gebäuden aufgestellte Behälter.

Flachdächer dürfen nicht ohne lastverteilende Maßnahmen betreten werden, es sei denn, sie sind für eine Mannlast von 1,5 kN dimensioniert.

2 Berechnungsgrößen

- | | | |
|--------------------|-------------------|--|
| A_1 | – | Abminderungsfaktor für den Einfluss der spezifischen Zähigkeit |
| A_2 | – | Abminderungsfaktor für das Medium bei Festigkeitsnachweisen |
| A_{2l} | – | Abminderungsfaktor für das Medium bei Stabilitätsnachweisen |
| b_m | mm | mittragende Breite |
| d | mm | Nenn Durchmesser des Behälters |
| $E_K^{T^{\circ}C}$ | N/mm ² | E-Modul bei kurzzeitiger Belastung für T°C |
| f_{sD} | – | Langzeit-Schweißfaktor für die Naht der Dachplatte |
| f_{zD} | – | Kurzzeit-Schweißfaktor für die Naht der -Dachplatte |

g	m/s ²	Erdbeschleunigung
g_D	N/mm ²	Flächenlast aus Eigengewicht der Dachplatte
g_{Steife}	N/mm ²	gleichmäßig verteilte Flächenlast aus Steifen und Schotten
h_S	mm	Höhe der Steifen
I_S	mm ⁴	Trägheitsmoment
k	–	Beulwert
$K_{K,d}^{vorh}$	N/mm ²	Bemessungswert der kurzzeitig wirkenden Beanspruchung
$K_{L,d}^{vorh}$	N/mm ²	Bemessungswert der langfristig wirkenden Beanspruchung
$K_{K,d}^*$	N/mm ²	Bemessungswert der Zeitstandfestigkeit für 10 ⁻¹ Stunden
$K_{L,d}^*$	N/mm ²	Bemessungswert der Zeitstandfestigkeit für die rechnerische Gebrauchsdauer
p	N/mm ²	Einwirkung auf das Dach
$p_{DK,d}$	N/mm ²	Bemessungswert der kurzzeitigen Einwirkungen auf das Dach
$p_{DL,d}$	N/mm ²	Bemessungswert der langzeitigen Einwirkungen auf das Dach
p_E	N/mm ²	Ersatzlast (kurzzeitig)
p_{uK}	N/mm ²	kurzzeitig wirkender Außendruck (bzw. innerer Unterdruck)
$p_{üK}$	N/mm ²	kurzzeitig wirkender Innendruck
p_u	N/mm ²	langzeitig wirkender Außendruck (bzw. innerer Unterdruck)
$p_{ü}$	N/mm ²	langzeitig wirkender Innendruck
p_{us}	N/mm ²	Unterdruck aus Windsog
$P_{M,d}$	N	Bemessungswert der Mannlast
m	Nmm/mm	Biegemoment
n	–	Anzahl der Steifen und Schotten
s_D	mm	Wanddicke der Dachplatte
s_S	mm	Wanddicke der Steifen
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
z_S	mm	Schwerpunktsabstand
γ_F	–	Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkung/Beanspruchung (siehe DVS 2205-2)
γ_M	–	Teilsicherheitsbeiwert des Widerstands/der Beanspruchbarkeit (siehe DVS 2205-2)
μ	–	Querdehnungszahl

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.

ρ	g/cm ³	Dichte des Werkstoffs
$\sigma_{k,d}$	N/mm ²	Bemessungswert der kritischen Druckspannung
σ_d^{vorh}	N/mm ²	Bemessungswert der Druckspannung in der Dachplatte

3 Konstruktive Gestaltung

Flachdächer dürfen unversteift oder mit Steifen hergestellt werden.

Bei unversteiftem Flachdach ist die große Verformung des Daches allein aufgrund des Eigengewichts zu beachten.

Flachdächer werden in der Regel mit zwei parallelen Steifen verstärkt. Für größere Behälter können auch mehr Steifen angeordnet werden. Bei der Wahl der Anzahl der Steifen ist jedoch auf die Anordnung einer Einsteigeöffnung zwischen den Steifen und auf ausreichenden Platz für die beidseitige Verschweißung der Steifen mit der Dachplatte zu achten.

Die n Steifen sind konstruktiv mit jeweils n Schotten in regelmäßigen Abständen gegen Kippen zu sichern.

Sofern die Dachplatte nicht in einem Teil gefertigt werden kann, ist die Naht senkrecht zu den Steifen anzuordnen.

Das Verhältnis aus Höhe zu Dicke der Steifen wird auf 8 begrenzt:

$$\frac{h_S}{s_S} \leq 8$$

4 Belastungen

Neben dem Eigengewicht und den Mindestdrücken ist zusätzlich eine gleichmäßige Ersatzlast p_E zu berücksichtigen:

- Eigengewicht des Daches inkl. Steifen und Schotten (g_D, g_{Steifen})
- Mindestdrücke nach DVS 2205-2 Abschnitt 1 ($p_{uK}, p_{\bar{u}K}, p_u, p_{\bar{u}}$)
- Unterdruck aus Windsog (p_{us})
- $p_E = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ N/mm}^2$ zur Berücksichtigung von unplanmäßigen Einzellasten

Die Weiterleitung der Ersatzlast p_E im Zylinder muss nicht untersucht werden.

5 Temperatur

Die Festigkeitsnachweise der Dachplatte sind mit der wirksamen Wandtemperatur $(T_M + T_A)/2$ bei langzeitigen Einwirkungen bzw. $(T_{MK} + T_{AK})/2$ bei kurzzeitigen Einwirkungen zu führen. Für die Festigkeitsnachweise der Steifen ist die mittlere Medientemperatur T_M anzunehmen. Der Abminderungsfaktor A_1 ist entsprechend der jeweils anzusetzenden Temperatur zu bestimmen.

Der Stabilitätsnachweis der Dachplatte ist mit dem Kurzzeit-E-Modul für $(T_{MK} + T_{AK})/2$ zu führen. Die Stabilität der Steifen ist mit dem Kurzzeit-E-Modul für T_{MK} nachzuweisen. Bei Außenaufstellung unter einer Sonne und Schnee abschirmenden ortsfesten Dach kann bei Aufstellung in Deutschland als Umgebungstemperatur $T_{AK} = 35^\circ\text{C}$ angesetzt werden.

6 Standsicherheitsnachweise

6.1 Unversteiftes Dach

Das Biegemoment in Plattenmitte ergibt sich vereinfachend aus:

$$m = \frac{(3 + \mu) \cdot p \cdot d^2}{64} \quad (1)$$

Nachweis nach Gleichung (13) DVS 2205-2, wobei keine Belastung mit mittlerer Einwirkdauer auftreten:

$$\frac{K_{L,d}^{\text{vorh}}}{K_{L,d}^*} \leq 1 \quad (2)$$

$$\text{mit } K_{L,d}^{\text{vorh}} = \frac{p_{DL,d}^{\text{vorh}} \cdot d^2 \cdot 6 \cdot (3 + \mu) \cdot A_1 \cdot A_2}{64 \cdot s_D^2 \cdot f_{sD}} \quad (3)$$

$$\text{mit } p_{DL,d}^{\text{vorh}} = \max(\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot p_u, \gamma_{F2} \cdot p_{\bar{u}} - \gamma_{F3} \cdot g_D) \quad (4)$$

Nachweis nach Gleichung (15) DVS 2205-2:

$$\frac{K_{K,d}^{\text{vorh}}}{K_{K,d}^*} \leq 1 \quad (5)$$

$$\text{mit } K_{K,d}^{\text{vorh}} = \frac{p_{DK,d}^{\text{vorh}} \cdot d^2 \cdot 6 \cdot (3 + \mu) \cdot A_1 \cdot A_2}{64 \cdot s_D^2 \cdot f_{zD}} \quad (6)$$

$$\text{mit } p_{DK,d}^{\text{vorh}} = \max\{\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot [\max(p_{uK}, p_{us}) + p_E], \gamma_{F2} \cdot p_{\bar{u}K} - \gamma_{F3} \cdot g_D\} \quad (7)$$

Die Schweißfaktoren f_{sD} bzw. f_{zD} sind 1,0, wenn das Dach aus einem Teil gefertigt wird.

Die Querdehnungszahl kann für alle Thermoplaste näherungsweise $\mu = 0,38$ gesetzt werden.

6.2 Dach mit Steifen

6.2.1 Festigkeitsnachweis der Dachplatte quer zu den Steifen

Wird die Dachplatte nicht aus zwei Teilplatten gefertigt, ist die Schweißnaht parallel zu den Steifen anzuordnen.

Das Biegemoment in der Dachplatte zwischen den Steifen ergibt sich vereinfachend aus:

$$m = \frac{p \cdot d^2}{8 \cdot (n + 1)^2} \quad (8)$$

Nachweis nach Gleichung (13) DVS 2205-2, wobei keine Belastung mit mittlerer Einwirkdauer auftritt:

$$\frac{K_{L,d}^{\text{vorh}}}{K_{L,d}^*} \leq 1 \quad (9)$$

$$\text{mit } K_{L,d}^{\text{vorh}} = \frac{p_{DL,d} \cdot d^2 \cdot 6 \cdot A_1 \cdot A_2}{(n + 1)^2 \cdot 8 \cdot s_D^2 \cdot f_{sD}} \quad (10)$$

$$\text{mit } p_{DL,d}^{\text{vorh}} = \max(\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot p_u, \gamma_{F2} \cdot p_{\bar{u}} - \gamma_{F3} \cdot g_D) \quad (11)$$

Nachweis nach Gleichung (15) DVS 2205-2:

$$\frac{K_{K,d}^{\text{vorh}}}{K_{K,d}^*} \leq 1 \quad (12)$$

$$\text{mit } K_{K,d}^{\text{vorh}} = \frac{p_{DK,d}^{\text{vorh}} \cdot d^2 \cdot 6 \cdot A_1 \cdot A_2}{(n + 1)^2 \cdot 8 \cdot s_D^2 \cdot f_{zD}} \quad (13)$$

$$\text{mit } p_{DK,d}^{\text{vorh}} = \max\{\gamma_{F1} \cdot g_D + \gamma_{F2} \cdot [\max(p_{uK}, p_{us}) + p_E], \gamma_{F2} \cdot p_{\bar{u}K} - \gamma_{F3} \cdot g_D\} \quad (14)$$

Die Querdehnungszahl kann für alle Thermoplaste näherungsweise $\mu = 0,38$ gesetzt werden.

6.2.2 Nachweise längs der Steifen

Für die Nachweise längs der Steife wird ein Plattenbalken mit der mittragenden Breite

$$b_m = \frac{0,85 \cdot d}{n + 1} \quad (15)$$

berechnet. Die Lage des Schwerpunkts z_S (gemessen von der Mittelfläche der Dachplatte) und das Trägheitsmoment I_S ergeben sich aus: