

1. Einleitung

Beteiligte Unternehmen, Institutionen und Personen:

Plasticon

Kurotec

Christen & Laudon

Prof. Nonhoff

2. Gesetzliche Anforderungen

Deutschland

EC 8, DIBt Berechnungsempfehlung 40-B3

Europa

EC 8 mit zugehörigen NAD's

ROW

3. Notwendige Angaben des Bestellers

- Baugrundklasse
- Untergrundklasse
- Geodätische Lage
- Bedeutungsbeiwert
- Bei Gebäuden z. B. Etagenbeschleunigung

Fehlen diese Werte, ist eine ordnungsgemäße Berechnung nicht möglich.

Für die Berechnung innerhalb Deutschlands kann mit den Maximalwerten für den Bodenparameter $S = 1,5$, für den Bedeutungsbeiwert $\gamma_1 = 1,6$ und falls notwendig für die Etagenbeschleunigung $\zeta = 1,6$, eine Berechnung durchgeführt werden, was zu einem konservativen Ergebnis führt.

4. Konstruktive Hinweise zu Flachbodenbehältern

Verankerung von Flachbodenbehältern:

- Zugkraftverankerung

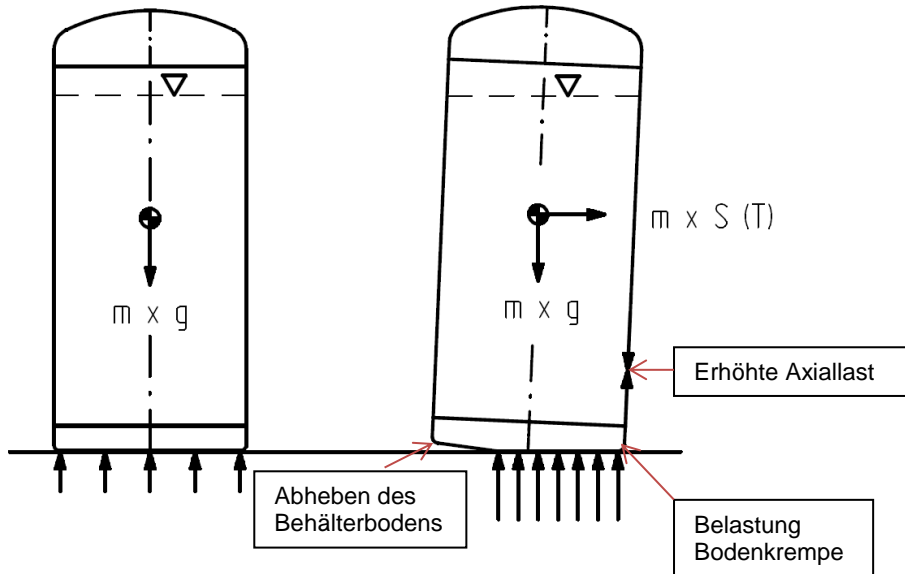
Eine konventionelle Berechnung kann nach EN 13121-3 Kap.14 erfolgen.

Dabei darf ohne weiteren Nachweis bei Flachbodenbehältern die Füllsäule für die Berechnung der Zugkraftverankerung nicht als günstig wirkend angesetzt werden, da sich hieraus Zusatzlasten für den Behälterboden ergeben. Soll die Füllsäule berücksichtigt werden, kann dies z.B. mit einer FEM-Berechnung oder einer anderen geeigneten Berechnungsmethode nachgewiesen werden. Entsteht dabei eine klaffende Fuge, so erhöhen sich auch die axialen Drucklasten, was beim Stabilitätsnachweis zu berücksichtigen ist.

Erfahrungsgemäß können bei Flachbodenbehältern ca. 15% der Füllung als rückstellend mit angesetzt werden.

Voraussetzungen hierfür:

- 1) Verankerung muß mit entsprechendem Spiel ausgeführt werden oder eine Nachgiebigkeit aufweisen damit der Behälterboden abheben kann.
- 2) Für den notwendigen FEM Nachweis sind die konstruktiven Randbedingungen der gewählten Bodenkonstruktion entsprechend zu berücksichtigen.



Berechnung der Bodenkrempe:

Steht der Zylinder nicht auf dem Fundament / der Unterkonstruktion auf, so werden die Axiallasten der Zylinderwand auf die Bodenkrempe übertragen. Dies gilt auch für die Belastungen aus dem Erdbebenmoment, so dass die Bodenkrempe für diese Lasten ausgelegt werden muss.

- Querkraftverankerung

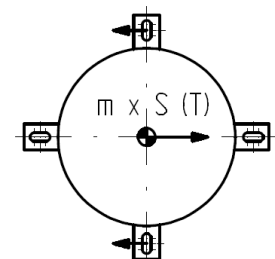
Bei der Ermittlung der erforderlichen Querkraftverankerung kann Reibung berücksichtigt werden. Reibbeiwerte sind in den Berechnungsempfehlungen des DIBT 40-B1 genannt.

Für die EN 13121-3 ist eine Überarbeitung der Querkraftverankerung mit nachfolgenden dargestellten Formeln angedacht.

$$V_{E,d} \leq 2 \cdot \frac{H_{AE} - \mu_s \cdot 0,9 \cdot W_G (g - 0,7a_g)}{N_b}$$

μ_s = Gleitreibung
 GFK auf Beton: 0,15
 PE auf Beton: 0,05
 GFK auf PE: 0,05

$V_{E,d}$ = Einwirkende Querkraft
 H_{AE} = Horizontalkraft aus Erdbeben
 N_b = Anzahl der Anker
 $W_G \approx$ Behältergewicht + Füllgewicht
 a_g = Bemessungs-Bodenbeschleunigung
 g = Erdbeschleunigung

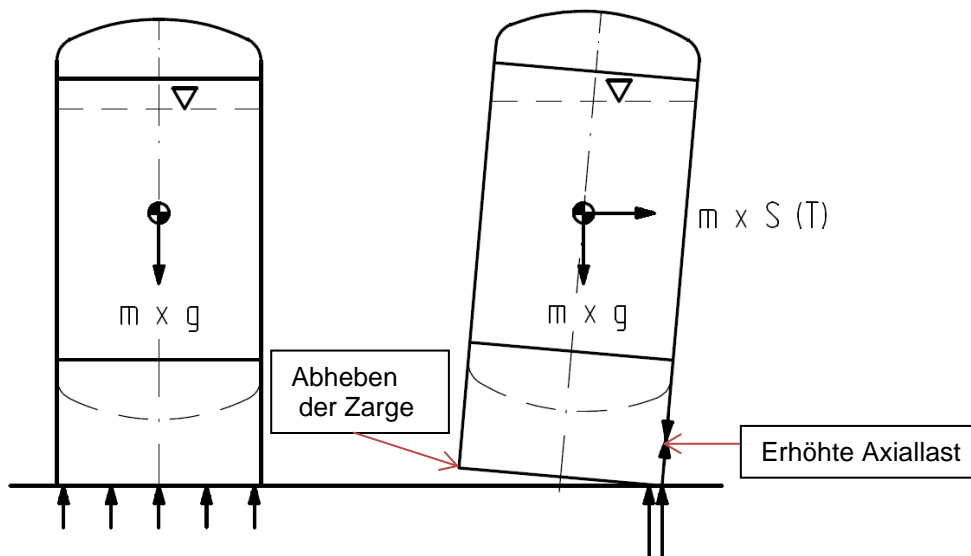


5. Konstruktive Hinweise zu Standzargenbehältern

Verankerung von Zargenbehältern:

- Zugkraftverankerung

Die Berechnung kann ebenfalls nach EN 13121-3 Kap.14 erfolgen. Dabei darf die Füllsäule für die Berechnung der Zugkraftverankerung mitberücksichtigt werden. Werden Behälter unverankert aufgestellt, sind dabei evtl. entstehende höhere Axiallasten zu berücksichtigen, wenn sich die Resultierende außerhalb des Kerns befindet.

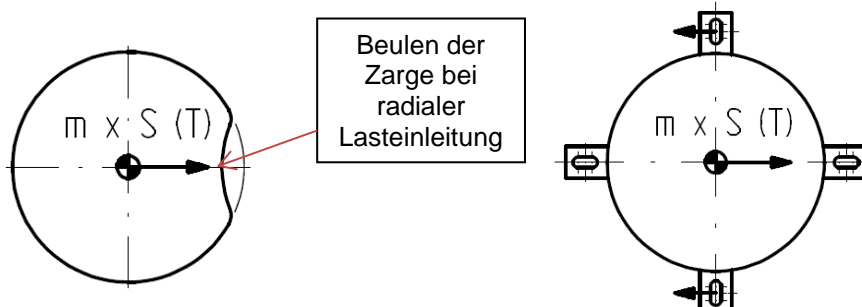


- Querkraftverankerung

Bei Standzargenbehältern ist in besonderem Maße auf einen tangentialen Lasteintrag zu achten. Dies kann z.B. durch die Anordnung von Langlöchern gewährleistet werden (siehe nachfolgender Ausschnitt aus EN 13121-3 Kap.14). Um bei Standzargenbehältern ein Beulen der Zarge aufgrund eines möglichen radialen Lasteintrags durch die Verankerung zu verhindern, muss die Übertragung der Ankerquerkräfte in die Schale in tangentialer Richtung sichergestellt werden. Andernfalls ist die Zarge durch einen Ring oder in ähnlicher Weise zu versteifen.

Beulen der Zarge aufgrund radialer Lasteinleitung:

Tangentiale Lasteinleitung durch Anordnung von Langlöchern



6. Konstruktive Hinweise zu liegenden Behältern

- Bei liegenden Behältern kann für die Berechnung in Axialrichtung und der Böden, die Erdbebenlast in einen äquivalenten Innendruck umgerechnet werden.

$$p_{Erd} = S_d(T) * \text{Behälterlänge} * \text{Dichte Medium}$$

mit: $S_d(T)$ = Ordinate des Bemessungsspektrums

- Die Berechnung der Schnittgrößen und Kräfte in horizontaler Querrichtung kann ebenfalls an einem Balkenmodell bestimmt werden. Die Belastung ist vergleichbar mit der aus Vertikallast und kann im Verhältnis umgerechnet werden:
Horizontallast = Vertikallast * $S_d(T) / g$
- Die Berechnung der Lagerringe kann nach EN 13121-3 Abschnitt 10.10.5 erfolgen.
- In Behälterlängsrichtung ist darauf zu achten, dass die Horizontallasten vom Behälter auf die Unterkonstruktion übertragen werden können. Dies kann, sollte die ansetzbare Reibung nicht ausreichend sein, über Schubknaggen oder ähnliches geschehen.
- Die Lagerschalen sind für die entstehenden Horizontallasten auszulegen und zu verankern. Sie sind ggf. abzustreben um ein Kippen zu verhindern.

7. Einfluss des Schwappens der Lagerflüssigkeit

Der Einfluss des Schwappens kann nach EN 1998-4 ermittelt werden, ist aber bei den üblicherweise hergestellten Behältern mit $D < 6\text{m}$ vernachlässigbar und wird von den oben angeführten Nachweisen abgedeckt.

8. Weiterführende Literatur

- EN 13121-3 Oberirdische GFK-Tanks und Behälter – Teil 3
- VCI Leitfaden “Der Lastfall Erdbeben im Anlagenbau“ Oktober 2012