

DIN EN 1998-4:2007-01 (D)

Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen; Deutsche Fassung EN 1998-4:2006

| Inhalt | Seite |
|---|-------|
| Vorwort..... | 6 |
| Hintergrund des Eurocode-Programms | 6 |
| Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes..... | 7 |
| Nationale Normen, die Eurocode implementieren | 8 |
| Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs) | 8 |
| Zusätzliche Informationen zu EN 1998-4 | 8 |
| Nationaler Anhang zu EN 1998-4..... | 9 |
| 1 Allgemeines..... | 10 |
| 1.1 Anwendungsbereich..... | 10 |
| 1.2 Normative Verweisungen | 11 |
| 1.2.1 Allgemeine Bezugsnormen..... | 11 |
| 1.3 Annahmen | 11 |
| 1.4 Unterschiede zwischen den Richtlinien und Anwendungsregeln | 12 |
| 1.5 Begriffe..... | 12 |
| 1.5.1 Allgemeines..... | 12 |
| 1.5.2 Gemeinsame Begriffe der Eurocodes..... | 12 |
| 1.5.3 Weitere in EN 1998 verwendete Begriffe | 12 |
| 1.5.4 Weitere in EN 1998-4 verwendete Begriffe | 12 |
| 1.6 Symbole | 12 |
| 1.7 SI-Einheiten | 13 |
| 2 Allgemeine Prinzipien und Anwendungsregeln | 14 |
| 2.1 Sicherheitsanforderungen | 14 |
| 2.1.1 Allgemeines..... | 14 |
| 2.1.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit..... | 14 |
| 2.1.3 Schadensbegrenzungszustand..... | 15 |
| 2.1.4 Zuverlässigkeitsunterscheidung..... | 15 |
| 2.1.5 Tragwerk- und Bauteilzuverlässigkeit | 16 |
| 2.1.6 Auslegungsgrundsätze | 17 |
| 2.2 Seismische Einwirkung | 17 |
| 2.3 Berechnung | 18 |
| 2.3.1 Berechnungsmethoden..... | 18 |
| 2.3.2 Wechselwirkung mit dem Baugrund..... | 19 |
| 2.3.3 Dämpfung | 19 |
| 2.4 Verhaltensbeiwerte..... | 20 |
| 2.5 Sicherheitsnachweise | 20 |
| 2.5.1 Allgemeines..... | 20 |
| 2.5.2 Kombination der seismischen Einwirkungen mit anderen Einwirkungen..... | 20 |
| 3 Besondere Prinzipien und Anwendungsregeln für Silos | 21 |
| 3.1 Einleitung..... | 21 |
| 3.2 Kombination der Anteile aus Bodenbewegung | 22 |
| 3.3 Berechnung von Silos | 22 |
| 3.4 Verhaltensbeiwerte | 24 |
| 3.5 Nachweise | 25 |
| 3.5.1 Grenzzustand der Schadensbegrenzung | 25 |
| 3.5.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit..... | 25 |
| 4 Besondere Prinzipien und Anwendungsregeln für Behälter..... | 26 |
| 4.1 Nachweiskriterien | 26 |
| 4.1.1 Allgemeines..... | 26 |
| 4.1.2 Grenzzustand der Schadensbegrenzung | 26 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.1.3 | Grenzzustand der Tragfähigkeit..... | 27 |
| 4.2 | Kombination der Komponenten der Bodenbewegung | 27 |
| 4.3 | Berechnungsverfahren | 27 |
| 4.3.1 | Allgemeines..... | 27 |
| 4.3.2 | Hydrodynamische Effekte | 27 |
| 4.4 | Verhaltensbeiwerte..... | 28 |
| 4.5 | Nachweise | 29 |
| 4.5.1 | Grenzzustand der Schadensbegrenzung..... | 29 |
| 4.5.2 | Grenzzustand der Tragfähigkeit..... | 29 |
| 4.6 | Zusätzliche Maßnahmen | 30 |
| 4.6.1 | Auffangvorrichtungen..... | 30 |
| 4.6.2 | Schwappschwingung der Flüssigkeit | 31 |
| 4.6.3 | Interaktion mit Rohrleitungen | 31 |
| 5 | Besondere Prinzipien und Anwendungsregeln für oberirdisch verlegte Rohrleitungen..... | 31 |
| 5.1 | Allgemeines..... | 31 |
| 5.2 | Sicherheitsanforderungen..... | 32 |
| 5.2.1 | Grenzzustand der Schadensbegrenzung..... | 32 |
| 5.2.2 | Grenzzustand der Tragfähigkeit..... | 32 |
| 5.3 | Seismische Einwirkungen | 32 |
| 5.3.1 | Allgemeines..... | 32 |
| 5.3.2 | Seismische Beanspruchung infolge Trägheitsbewegung | 32 |
| 5.3.3 | Unterschiedliche Verschiebung..... | 33 |
| 5.4 | Berechnungsverfahren | 33 |
| 5.4.1 | Modellbildung | 33 |
| 5.4.2 | Berechnung..... | 33 |
| 5.5 | Verhaltensbeiwerte..... | 34 |
| 5.6 | Nachweise | 34 |
| 6 | Besondere Prinzipien und Anwendungsregeln für eingeeerdete Rohrleitungen..... | 34 |
| 6.1 | Allgemeines..... | 34 |
| 6.2 | Sicherheitsanforderungen..... | 35 |
| 6.2.1 | Grenzzustand der Schadensbegrenzung..... | 35 |
| 6.2.2 | Grenzzustand der Tragfähigkeit..... | 35 |
| 6.3 | Seismische Einwirkung | 35 |
| 6.3.1 | Allgemeines..... | 35 |
| 6.3.2 | Seismische Einwirkung bei Trägheitsverschiebung | 35 |
| 6.3.3 | Modellierung der seismischen Wellen | 35 |
| 6.3.4 | Bleibende Bodenverschiebungen..... | 36 |
| 6.4 | Berechnungsmethoden (Wellendurchgang)..... | 36 |
| 6.5 | Nachweise | 36 |
| 6.5.1 | Allgemeines..... | 36 |
| 6.5.2 | Eingeeerdete Rohrleitungen in stabilem Boden | 36 |
| 6.5.3 | Eingeeerdete Rohrleitungen bei unterschiedlichen Bodenbewegungen (geschweißte Stahlrohrleitungen) | 37 |
| 6.6 | Maßnahmen an Verwerfungen | 37 |
| Anhang A (informativ) Seismische Berechnungsverfahren für Tankbauwerke | | 39 |
| A.1 | Einführung und Anwendungsbereich | 39 |
| A.2 | Vertikale, starre, zylindrische Tanks | 39 |
| A.2.1 | Horizontale Erdbebeneinwirkung | 39 |
| A.2.2 | Vertikale Erdbebeneinwirkung | 48 |
| A.2.3 | Überlagerung der Drücke infolge horizontaler und vertikaler Komponenten der Erdbebeneinwirkung mit den Effekten aus anderen Einwirkungen..... | 48 |
| A.3 | Verankerte, Flexible vertikal zylindrische Tanks..... | 48 |
| A.3.1 | Horizontale Erdbebeneinwirkung | 48 |
| A.3.2 | Überlagerung der Druckanteile infolge horizontaler Komponenten der seismischen Einwirkung | 50 |
| A.3.3 | Vertikale Komponente der Erdbebeneinwirkung | 54 |

| | | |
|--|--|-----------|
| A.3.4 | Überlagerung der Drücke infolge horizontaler und vertikaler Komponenten der Erdbebeneinwirkung mit den Effekten aus anderen Einwirkungen | 55 |
| A.4 | Rechteckige Tanks | 55 |
| A.4.1 | Verankerte starre rechteckige Tanks am Boden | 55 |
| A.4.2 | Verankerte flexible rechteckige Tanks am Boden | 56 |
| A.4.3 | Kombination der Einwirkungseffekte infolge der unterschiedlichen Komponenten und Einwirkungen | 58 |
| A.5 | Horizontale, zylindrische Tanks [8]..... | 58 |
| A.6 | Hochbehälter | 60 |
| A.7 | Boden-Bauwerk-Interaktionseffekte | 61 |
| A.7.1 | Allgemeines | 61 |
| A.7.2 | Näherungsverfahren | 62 |
| A.8 | Ablaufdiagramme zur Berechnung der hydrodynamischen Effekte in vertikal zylindrischen Tanks..... | 63 |
| A.9 | Unverankerte Tanks..... | 70 |
| A.9.1 | Allgemeines | 70 |
| A.9.2 | Vertikale Membrandruckkräfte und -spannungen in der Wand infolge des Abhebens | 70 |
| A.9.3 | Abhebehöhe der Schale und Abhebelänge der Bodenplatte | 71 |
| A.9.4 | Radiale Membranspannungen in der Bodenplatte [17], [18] | 72 |
| A.9.5 | Plastische Verdrehung der Bodenplatte | 73 |
| A.10 | Stabilitätsnachweise für Stahltanks | 74 |
| A.10.1 | Einleitung..... | 74 |
| A.10.2 | Nachweis gegen elastisches Beulen | 74 |
| A.10.3 | Elastisch-plastisches Versagen | 75 |
| Anhang B (informativ) Unterirdische Rohrleitungen | | 76 |
| B.1 | Allgemeine Entwurfsgrundlagen..... | 76 |
| B.2 | Seismische Einwirkungen auf unterirdische Rohrleitungen..... | 76 |
| Literaturhinweise zu Anhang A..... | | 79 |
| Literaturhinweis zu Anhang B..... | | 80 |
| Bilder | | |
| Bild A.1 | — Verteilung des impulsiven Druckes für drei Werte $\gamma = H/R$ | 41 |
| Bild A.2 | — Verhältnis der Ersatzgrößen m_i/m , h_i/H und \dot{h}_i/H in Abhängigkeit von der Tankschlankheit (siehe auch Tabelle A.2, Spalten 4, 6 und 8) | 43 |
| Bild A.3 | — a) Verteilung der ersten zwei Modes der Sloshing-Druckverteilung über die Tankhöhe und b) Werte der ersten beiden Eigenfrequenzen in Abhängigkeit von γ | 44 |
| Bild A.4 | — a) 1. und 2. modale Sloshing-Masse und b) ihre korrespondierenden Höhen h_{c1} und h_{c2} als Funktionen von γ (siehe auch Tabelle A.2, Spalten 5, 7 und 9) | 46 |
| Bild A.5 | — Normierter impulsiver Druck auf die Wand eines rechteckigen Tanks senkrecht zur horizontalen Einwirkungsrichtung (nach [8])..... | 56 |
| Bild A.6 | — Maximalwert des normierten impulsiven Druckes auf eine rechteckige Wand senkrecht zur horizontalen Einwirkungsrichtung (nach [8]) | 57 |
| Bild A.7 | — Normierter konvektiver Druck auf die Wand eines rechteckigen Tanks senkrecht zur horizontalen Einwirkungsrichtung (nach [8])..... | 57 |
| Bild A.8 | — Bezeichnungen für zylindrische Tanks mit horizontaler Achse (nach [8]) | 58 |

| | |
|--|----|
| Bild A.9 — Impulsive Drücke auf einen horizontalen Zylinder mit $H = R$ bei Einwirkung in Querrichtung (nach [8]) | 59 |
| Bild A.10 — Dimensionslose erste konvektive Eigenfrequenzen für starre Tanks unterschiedlicher Form (nach [8]) | 60 |
| Bild A.11 — Verhältnis der axialen Membrandruckkraft von verankerten und unverankerten Festdachtanks am Boden in Abhängigkeit vom Umsturzmoment [4]..... | 71 |
| Bild A.12 — Maximale vertikale Abhebehöhe von unverankerten, zylindrischen Festdachtanks mit Bodenlagerung in Abhängigkeit vom Umsturzmoment M/WH [4]..... | 72 |
| Bild A.13 — Länge des abhebenden Bereichs in von unverankerten, bodengelagerten zylindrischen Festdachtanks in Abhängigkeit von der Abhebehöhe [4]..... | 73 |
| Bild A.14 — Plastische Verdrehung der Bodenplatte des abhebenden Tanks [8]..... | 73 |
| Tabellen | |
| Tabelle A.1 — Effektiv beteiligte Masse der Tankwand in der ersten Eigenform als Anteil der Gesamtmasse nach dem Vorschlag von Veletsos und Yang | 52 |
| Tabelle A.2 — Koeffizienten C_i und C_C für die Grundperiode, Massen m_i und m_C und die Höhen h_i und h_C des Angriffspunktes der Resultierenden der impulsiven und konvektiven Druckkomponenten auf die Tankwand | 53 |