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 eingeerdete 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 Eingeerdete Rohrleitungen in stabilem Boden ... 36
6.5.3 Eingeerdete 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

Seite

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 γ = H/R ... 41

Bild A.2 — Verhältnis der Ersatzgrößen m_i/m, h_i/H und 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

Seite

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