DIN EN 1993-4-1:2010-12 (D)

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 4-1: Silos; Deutsche Fassung EN 1993-4-1:2007 + AC:2009

Inhalt

Seite

Vorwort 6

1 Allgemeines 10
1.1 Anwendungsbereich 10
1.2 Normative Verweisungen 10
1.3 Annahmen 12
1.4 Unterscheidung zwischen Grundsätzen und Anwendungsregeln 12
1.5 Begriffe 12
1.6 In Teil 4-1 von Eurocode 3 verwendete Symbole 15
1.6.1 Lateinische Großbuchstaben 15
1.6.2 Lateinische Kleinbuchstaben 15
1.6.3 Griechische Buchstaben 16
1.6.4 Indizes 17
1.7 Vorzeichenvereinbarungen 18
1.7.1 Vereinbarungen für das globale Koordinatensystem für kreisrunde Silos 18
1.7.2 Vereinbarungen für das globale Koordinatensystem für rechteckige Silos 19
1.7.3 Vereinbarungen für die Koordinaten von Bauteilen in kreisrunden und rechteckigen Silos 20
1.7.4 Vereinbarungen für Schnittgrößen in kreisrunden und rechteckigen Silos 22
1.8 Einheiten 24

2 Grundlagen der Bemessung 24
2.1 Anforderungen 24
2.2 Differenzierung der Zuverlässigkeit 25
2.3 Grenzzustände 26
2.4 Einwirkungen und Umwelteinflüsse 26
2.4.1 Allgemeines 26
2.4.2 Windlast 26
2.4.3 Kombination von Schüttgutlasten mit anderen Einwirkungen 26
2.5 Werkstoffeigenschaften 27
2.6 Abmessungen 27
2.7 Modellierung des Silos zur Berechnung der Beanspruchungen 27
2.8 Versuchsgestützte Bemessung 27
2.9 Beanspruchungen für den Nachweis der Grenzzustände 27
2.9.1 Allgemeines 27
2.9.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Grenzzustände der Tragfähigkeit 27
2.9.3 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 28
2.10 Dauerhaftigkeit 28
2.11 Feuerwiderstand 28

3 Werkstoffeigenschaften 29
3.1 Allgemeines 29
3.2 Baustähle 29
3.3 Nichtrostende Stähle 29
3.4 Spezielle legierte Stähle 29
3.5 Anforderungen an die Zähigkeit 30

4 Grundlagen für die statische Berechnung 30
4.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit 30
4.1.1 Basis 30
4.1.2 Zu führende Nachweise 30

4.1.3 Ermüdung und zyklisches Plastizieren -- Kurzzeitermüdung ... 30
4.1.4 Berücksichtigung von Korrosion und Abrasion ... 30
4.1.5 Berücksichtigung von Temperatureinflüssen ... 31
4.2 Berechnung des Schalentragwerks eines kreisrunden Silos ... 31
4.2.1 Modellierung der Tragwerksschale ... 31
4.2.2 Berechnungsmethoden ... 31
4.2.3 Geometrische Imperfektionen ... 34
4.3 Berechnung des Kastentragwerks eines rechteckigen Silos ... 34
4.3.1 Modellierung des Tragwerkskastens ... 34
4.3.2 Geometrische Imperfektionen ... 35
4.3.3 Berechnungsmethoden ... 35
4.4 Orthotrope Ersatzsteifigkeiten von profilierten Wandblechen ... 35

5 Bemessung von zylindrischen Wänden ... 37
5.1 Grundlagen ... 37
5.1.1 Allgemeines ... 37
5.1.2 Bemessung der Silowand ... 37
5.2 Unterscheidung zwischen verschiedenen Formen zylindrischer Schalen ... 38
5.3 Tragsicherheitsnachweise für zylindrische Silowände ... 39
5.3.1 Allgemeines ... 39
5.3.2 Isotrope, geschweißte oder geschraubte Wände ... 39
5.3.3 Isotrope Wände mit Vertikalsteifen ... 50
5.3.4 Horizontal profilierte Wände ... 51
5.3.5 Vertikal profilierte Wände mit Ringsteifen ... 60
5.4 Besondere Lagerungsbedingungen für zylindrische Silowände ... 61
5.4.1 Zylinderschalen mit voller Auflagerung am unteren Rand oder Lagerung auf einem Trägerrost ... 61
5.4.2 Zylinderschalen mit Zargenlagerung ... 61
5.4.3 Zylinderschalen mit eingebundenen Stützen ... 61
5.4.4 Zylinderschalen mit diskreter Auflagerung ... 62
5.4.5 Silos mit diskreter Auflagerung am Trichter ... 63
5.4.6 Zylindrische Silowände: Details für örtliche Auflager und Krafteinleitungsrippen ... 63
5.4.7 Verankerung an der Basis eines Silos ... 65
5.5 Detailausbildung von Öffnungen in zylindrischen Wänden ... 66
5.5.1 Allgemeines ... 66
5.5.2 Rechteckige Öffnungen ... 66
5.6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 67
5.6.1 Grundlagen ... 67
5.6.2 Durchbiegungen ... 67

6 Bemessung von konischen Trichtern ... 68
6.1 Grundlagen ... 68
6.1.1 Allgemeines ... 68
6.1.2 Bemessung der Trichterwand ... 68
6.2 Unterscheidung zwischen verschiedenen Formen von Trichterschalen ... 69
6.3 Tragsicherheitsnachweis für konische Trichterwände ... 69
6.3.1 Allgemeines ... 69
6.3.2 Isotrope, unversteifte, geschweißte oder geschraubte Trichter ... 70
6.4 Angaben zu speziellen Trichterkonstruktionen ... 75
6.4.1 Unterstützungskonstruktion ... 75
6.4.2 Stützengelagerte Trichter ... 75
6.4.3 Unsymmetrische Trichter ... 75
6.4.4 Versteifte Kegelschalen ... 75
6.4.5 Mehrfach-Kegelschalen ... 76
6.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 76
6.5.1 Grundlagen ... 76
6.5.2 Erschütterungen ... 76

7 Bemessung von kreisrunden konischen Dächern ... 76
7.1 Grundlagen ... 76
7.2 Unterscheidung zwischen verschiedenen Formen von Dachtragwerken ... 77
7.2.1 Begriffe ... 77

7.3 Tragsicherheitsnachweise für kreisrunde konische Silodächer 77
7.3.1 Schalendächer bzw. ungestützte Dächer 77
7.3.2 Gespärredächer bzw. gestützte Dächer 78
7.3.3 Traufkante (Knotenlinie zwischen Silodach und Siloschaft) 78

8 Bemessung von Abzweigungsringen und Auflagerringträgern 78
8.1 Grundlagen 78
8.1.1 Allgemeines 78
8.1.2 Bemessung des Ringes 78
8.1.3 Begriffe 78
8.1.4 Modellierung des Abzweigungsbereiches 79
8.1.5 Grenzen für die Ringanordnung 80
8.2 Berechnung des Abzweigungsbereiches 80
8.2.1 Allgemeines 80
8.2.2 Gleichmäßig unterstützte Abzweigungsbereiche 81
8.2.3 Ringträger an der Abzweigung 84
8.3 Tragwiderstände 87
8.3.1 Allgemeines 87
8.3.2 Widerstand gegen plastisches Versagen 87
8.3.3 Widerstand gegen Knicken innerhalb der Ringebene 88
8.3.4 Widerstand gegen Knicken aus der Ringebene heraus und gegen örtliches Beulen 89
8.4 Tragsicherheitsnachweise 91
8.4.1 Gleichmäßig unterstützte Abzweigungsbereiche 91
8.4.2 Ringträger an der Abzweigung 93
8.5 Angaben zur Auflageranordnung am Abzweigungsbereich 94
8.5.1 Zargengelagerte Abzweigungsbereiche 94
8.5.2 Stützengelagerte Abzweigungsbereiche und Ringträger 94
8.5.3 Basisring 94

9 Bemessung von rechteckigen und ebenwandigen Silos 95
9.1 Grundlagen 95
9.2 Klassifizierung der Tragwerksformen 95
9.2.1 Unversteifte Silos 95
9.2.2 Versteifte Silos 95
9.2.3 Silos mit Zugankern 95
9.3 Tragwiderstände von unversteiften vertikalen Wänden 96
9.4 Tragwiderstand von Silowänden aus versteiften und profilierten Platten 96
9.4.1 Allgemeines 96
9.4.2 Gesamtbiegung aus direkter Einwirkung des Schüttgutes 97
9.4.3 Membranbeanspruchung aus Querscheibenfunktion 99
9.4.4 Örtliche Biegung aus Schüttgut und/oder Ausrüstung 99
9.5 Silos mit innen liegenden Zugankern 100
9.5.1 Durch Schüttgutdruck verursachte Kräfte in innen liegenden Zugankern 100
9.5.2 Modellierung der Zuganker 101
9.5.3 Lastfälle für Zugankeranschlüsse 102
9.6 Tragsicherheit von pyramidischen Trichtern 103
9.7 Vertikale Steifen an Kastenwänden 104
9.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 104
9.8.1 Grundlagen 104
9.8.2 Durchbiegungen 105

Anhang A (informativ) Vereinfachte Regeln für kreisrunde Silos der Schadensfolgeklasse 1 106

A.1 Einwirkungskombinationen für Schadensfolgeklasse 1 106
A.2 Ermittlung der Beanspruchungen 106
A.3 Tragsicherheitsnachweise 106
A.3.1 Allgemeines 106
A.3.2 Isotrope, geschweißte oder geschraubte, zylindrische Wände 107
A.3.3 Konische geschweißte Trichter 110
A.3.4 Abzweigung 111

Anhang B (informativ) Gleichungen für Membranspannungen in konischen Trichtern 113

B.1 Konstanter Druck po mit Wandreibung po 113
B.2 Linear veränderlicher Druck (von p1 an der Kegelspitze auf p2 an der Abzweigung) mit Wandreibung p 113
B.3 ,,Radiales Druckfeld" mit dreieckiger Druckspitze ("Switch") an der Abzweigung 114
B.4 Wobei p1 der Druck in Höhe h1 oberhalb der Spitze und p2 der Druck an der Abzweigung ist.Drücke nach verallgemeinerter Trichtertheorie 114

Anhang C (informativ) Winddruckverteilung über den Umfang kreisrunder Silos 115