DIN EN 1993-4-1:2017-09 (D)

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 4-1: Silos; Deutsche Fassung EN 1993-4-1:2007 + AC:2009 + A1:2017

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... 6

Europäisches Vorwort der Änderung A1 ... 10

1 Allgemeines ... 11
1.1 Anwendungsbereich ... 11
1.2 Normative Verweisungen ... 12
1.3 Annahmen ... 13
1.4 Unterscheidung zwischen Grundsätzen und Anwendungsregeln ... 13
1.5 Begriffe ... 13
1.6 In Teil 4-1 von Eurocode 3 verwendete Symbole ... 16
1.6.1 Lateinische Großbuchstaben ... 16
1.6.2 Lateinische Kleinbuchstaben ... 16
1.6.3 Griechische Buchstaben ... 17
1.6.4 Indizes ... 18
1.7 Vorzeichenvereinbarungen ... 19
1.7.1 Vereinbarungen für das globale Koordinatensystem für kreisrunde Silos ... 19
1.7.2 Vereinbarungen für das globale Koordinatensystem für rechteckige Silos ... 20
1.7.3 Vereinbarungen für die Koordinaten von Bauteilen in kreisrunden und rechteckigen Silos ... 21
1.7.4 Vereinbarungen für Schnittgrößen in kreisrunden und rechteckigen Silos ... 23
1.8 Einheiten ... 25

2 Grundlagen der Bemessung ... 25
2.1 Anforderungen ... 25
2.2 Differenzierung der Zuverlässigkeit ... 25
2.3 Grenzzustände ... 27
2.4 Einwirkungen und Umwelteinflüsse ... 27
2.4.1 Allgemeines ... 27
2.4.2 Windlast ... 27
2.4.3 Kombination von Schüttgutlasten mit anderen Einwirkungen ... 27
2.5 Werkstoffeigenschaften ... 27
2.6 Abmessungen ... 27
2.7 Modellierung des Silos zur Berechnung der Beanspruchungen ... 27
2.8 Versuchsgestützte Bemessung ... 28
2.9 Beanspruchungen für den Nachweis der Grenzzustände ... 28
2.9.1 Allgemeines ... 28
2.9.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 28
2.9.3 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 29
2.10 Dauerhaftigkeit ... 29
2.11 Feuerwiderstand ... 29

3 Werkstoffeigenschaften ... 29
3.1 Allgemeines ... 29
3.2 Baustähle ... 30
3.3 Nichtrostende Stähle ... 30
3.4 Spezielle legierte Stähle ... 30
3.5 Anforderungen an die Zähigkeit ... 31

4 Grundlagen für die statische Berechnung ... 31

4.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit 31
4.1.1 Basis 31
4.1.2 Zu führende Nachweise 31
4.1.3 Ermüdung und zyklisches Plastizieren — Kurzzeitermüdung 31
4.1.4 Berücksichtigung von Korrosion und Abrasion 31
4.1.5 Berücksichtigung von Temperatureinflüssen 32
4.2 Berechnung des Schalentragwerks eines kreisrunden Silos 32
4.2.1 Modellierung der Tragwerksschale 32
4.2.2 Berechnungsmethoden 32
4.2.3 Geometrische Imperfektionen 34
4.3 Berechnung des Kastentragwerks eines rechteckigen Silos 35
4.3.1 Modellierung des Tragwerkskastens 35
4.3.2 Geometrische Imperfektionen 35
4.3.3 Berechnungsmethoden 36
4.4 Orthotrope Ersatzsteifigkeiten von profilierten Wandblechen 36

5 Bemessung von zylindrischen Wänden 39
5.1 Grundlagen 39
5.1.1 Allgemeines 39
5.1.2 Bemessung der Silowand 39
5.2 Unterscheidung zwischen verschiedenen Formen zylindrischer Schalen 40
5.3 Tragsicherheitsnachweise für zylindrische Silowände 40
5.3.1 Allgemeines 40
5.3.2 Isotrope, geschweißte oder geschraubte Wände 41
5.3.3 Isotrope Wände mit Vertikalsteifen 53
5.3.4 Horizontal profilierte Wände 56
5.3.5 Vertikal profilierte Wände mit Ringsteifen 67
5.4 Besondere Lagerungsbedingungen für zylindrische Silowände 68
5.4.1 Zylinderschalen mit voller Auflagerung am unteren Rand oder Lagerung auf einem Trägerrost 68
5.4.2 Zylinderschalen mit Zargenlagerung 68
5.4.3 Zylinderschalen mit eingebundenen Stützen 69
5.4.4 Zylinderschalen mit diskreter Auflagerung 69
5.4.5 Silos mit diskreter Auflagerung am Trichter 70
5.4.6 Zylindrische Silowände: Details für örtliche Auflager und Krafteinleitungsrippen 71
5.4.7 Verankerung an der Basis eines Silos 72
5.5 Detailausbildung von Öffnungen in zylindrischen Wänden 73
5.5.1 Allgemeines 73
5.5.2 Rechteckige Öffnungen 73
5.6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 74
5.6.1 Grundlagen 74
5.6.2 Durchbiegungen 74

6 Bemessung von konischen Trichtern 75
6.1 Grundlagen 75
6.1.1 Allgemeines 75
6.1.2 Bemessung der Trichterwand 75
6.2 Unterscheidung zwischen verschiedenen Formen von Trichterschalen 76
6.3 Tragsicherheitsnachweis für konische Trichterwände 76
6.3.1 Allgemeines 76
6.3.2 Isotrope, unversteifte, geschweißte oder geschraubte Trichter 77
6.4 Angaben zu speziellen Trichterkonstruktionen 82
6.4.1 Unterstützungskonstruktion 82
6.4.2 Stützengelagerte Trichter 82
6.4.3 Unsymmetrische Trichter 82
6.4.4 Versteifte Kegelschalen 83
6.4.5 Mehrfach-Kegelschalen 83
6.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 83
6.5.1 Grundlagen 83

6.5.2 Erschütterungen 83

7 Bemessung von kreisrunden konischen Dächern 84
7.1 Grundlagen 84
7.2 Unterscheidung zwischen verschiedenen Formen von Dachtragwerken 84
7.2.1 Begriffe 84
7.3 Tragsicherheitsnachweise für kreisrunde konische Silodächer 84
7.3.1 Schalendächer bzw. ungestützte Dächer 84
7.3.2 Gespärredächer bzw. gestützte Dächer 85
7.3.3 Traufkante (Knotenlinie zwischen Silodach und Siloschaft) 85

8 Bemessung von Abzweigungsringen und Auflagerringträgern 85
8.1 Grundlagen 85
8.1.1 Allgemeines 85
8.1.2 Bemessung des Ringes 85
8.1.3 Begriffe 86
8.1.4 Modellierung des Abzweigungsbereiches 86
8.1.5 Grenzen für die Ringanordnung 87
8.2 Berechnung des Abzweigungsbereiches 87
8.2.1 Allgemeines 87
8.2.2 Gleichmäßig unterstützte Abzweigungsbereiche 88
8.2.3 Ringträger an der Abzweigung 93
8.3 Tragwiderstände 96
8.3.1 Allgemeines 96
8.3.2 Widerstand gegen plastisches Versagen 96
8.3.3 Widerstand gegen Knicken innerhalb der Ringebene 97
8.3.4 Widerstand gegen Knicken aus der Ringebene heraus und gegen örtliches Beulen 98
8.4 Tragsicherheitsnachweise 100
8.4.1 Gleichmäßig unterstützte Abzweigungsbereiche 100
8.4.2 Ringträger an der Abzweigung 101
8.5 Angaben zur Auflageranordnung am Abzweigungsbereich 103
8.5.1 Zargengelagerte Abzweigungsbereiche 103
8.5.2 Stützengelagerte Abzweigungsbereiche und Ringträger 103
8.5.3 Basisring 103

9 Bemessung von rechteckigen und ebenwandigen Silos 103
9.1 Grundlagen 103
9.2 Klassifizierung der Tragwerksformen 104
9.2.1 Unversteifte Silos 104
9.2.2 Versteifte Silos 104
9.2.3 Silos mit Zugankern 104
9.3 Tragwiderstände von unversteiften vertikalen Wänden 105
9.4 Tragwiderstand von Silowänden aus versteiften und profilierten Platten 105
9.4.1 Allgemeines 105
9.4.2 Gesamtbiegung aus direkter Einwirkung des Schüttgutes 106
9.4.3 Membranbeanspruchung aus Querscheibenfunktion 107
9.4.4 Örtliche Biegung aus Schüttgut und/oder Ausrüstung 108
9.5 Silos mit innen liegenden Zugankern 108
9.5.1 Durch Schüttgutdruck verursachte Kräfte in innen liegenden Zugankern 108
9.5.2 Modellierung der Zuganker 110
9.5.3 Lastfälle für Zugankeranschlüsse 111
9.6 Tragsicherheit von pyramidischen Trichtern 111
9.7 Vertikale Steifen an Kastenwänden 113
9.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 113
9.8.1 Grundlagen 113
9.8.2 Durchbiegungen 114

Anhang A (informativ) Vereinfachte Regeln für kreisrunde Silos der Schadensfolgeklasse 1 115
A.1 Einwirkungskombinationen für Schadensfolgeklasse 1 115
A.2 Ermittlung der Beanspruchungen 115

A.3 Tragsicherheitsnachweise 115
A.3.1 Allgemeines 115
A.3.2 Isotrope, geschweißte oder geschraubte, zylindrische Wände 115
A.3.3 Konische geschweißte Trichter 119
A.3.4 Abzweigung 120

Anhang B (informativ) Gleichungen für Membranspannungen in konischen Trichtern 122
B.1 Konstanter Druck p_0 mit Wandreibung μp_0 122
B.2 Linear veränderlicher Druck (von p_1 an der Kegelspitze auf p_2 an der Abzweigung) mit Wandreibung μp 122
B.3 „Radiales Druckfeld“ mit dreieckiger Druckspitze (“Switch”) an der Abzweigung 122
B.4 Wobei p_1 der Druck in Höhe h_1 oberhalb der Spitze und p_2 der Druck an der Abzweigung ist.Drücke nach verallgemeinerter Trichtertheorie 123

Anhang C (informativ) Winddruckverteilung über den Umfang kreisrunder Silos 124