

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 Wandlechen.....	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 Kraftereinleitungsrippen	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