

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 -- Kurzeitermüdung	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 Tragwerksskastens	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 Krafeinleitungsrippen	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 p_0 mit Wandreibung p_0	113
B.2	Linear veränderlicher Druck (von p_1 an der Kegelspitze auf p_2 an der Abzweigung) mit Wandreibung p	113
B.3	„Radiales Druckfeld“ mit dreieckiger Druckspitze ("Switch") an der Abzweigung	114
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	114
Anhang C (informativ) Winddruckverteilung über den Umfang kreisrunder Silos		115