

DIN 1055-6:2005-03 (D)

Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 6: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter

Inhalt	Seite
Vorwort	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe und Formelzeichen	11
3.1 Begriffe	11
3.2 Formelzeichen	15
3.2.1 Allgemeines	15
3.2.2 Große lateinische Buchstaben.....	15
3.2.3 Kleine lateinische Buchstaben	17
3.2.4 Große griechische Buchstaben	20
3.2.5 Kleine griechische Buchstaben	20
4 Darstellung und Klassifikation der Einwirkungen	21
4.1 Darstellung von Einwirkungen in Silos.....	21
4.2 Darstellung der Einwirkung auf Flüssigkeitsbehälter	22
4.3 Einstufung der Einwirkung auf Silozellen.....	23
4.4 Einstufung der Einwirkungen auf Flüssigkeitsbehälter	23
4.5 Anforderungsklassen.....	23
5 Bemessungssituationen	24
5.1 Allgemeines	24
5.2 Bemessungssituationen infolge von in Silos gelagerte „Schüttgüter“	24
5.3 Bemessungssituationen infolge unterschiedlicher geometrischer Ausbildungen der Silogeometrie	26
5.4 Bemessungssituationen infolge spezieller Konstruktionsformen von Silos.....	30
5.5 Bemessungssituationen infolge in Flüssigkeitsbehältern gelagerten Flüssigkeiten	31
5.6 Bemessungsprinzipien für Explosionen.....	31
6 Schüttgutkennwerte	32
6.1 Allgemeines	32
6.2 Schüttgutkennwerte	33
6.2.1 Allgemeines	33
6.2.2 Ermittlung der Schüttgutkennwerte	35
6.2.3 Vereinfachte Vorgehensweise	35
6.3 Messung der Schüttgutkennwerte in Versuchen.....	36
6.3.1 Experimentelle Ermittlung (Messverfahren).....	36
6.3.2 Schüttgutwichte γ	37
6.3.3 Wandreibungskoeffizient μ	37
6.3.4 Winkel der inneren Reibung ϕ_1	37
6.3.5 Horizontallastverhältnis K	38
6.3.6 Kohäsion c	38
6.3.7 Schüttgutbeiwert für die Teilflächenlast C_{op}	38
7 Lasten auf vertikale Silowände	39
7.1 Allgemeines	39
7.2 Schlanke Silos	40
7.2.1 Fülllasten auf vertikale Silowände.....	40
7.2.2 Entleerungslasten auf vertikale Wände	46
7.2.3 Gleichförmige Erhöhung der Lasten als Ersatz für die Teilflächenlasten der Lastfälle Füllen und Entleeren bei kreisförmigen Silos	51

7.2.4	Entleerungslasten für kreisförmige Silos mit großen Exzentrizitäten bei der Entleerung	52
7.3	Niedrige Silos und Silos mit mittlerer Schlankheit	57
7.3.1	Fülllasten auf die vertikalen Wände.....	57
7.3.2	Entleerungslasten auf die vertikalen Silowände	59
7.3.3	Große Exzentrizitäten beim Befüllen von kreisförmigen niedrigen Silos und kreisförmigen Silos mit mittlerer Schlankheit	61
7.3.4	Große Entleerungsexzentrizitäten in kreisförmigen niedrigen Silos und kreisförmigen Silos mit mittlerer Schlankheit	62
7.4	Stützwandsilos.....	63
7.4.1	Fülllasten auf vertikale Wände	63
7.4.2	Entleerungslasten auf vertikale Wände.....	64
7.5	Silos mit fluidisiertem Schüttgut.....	64
7.5.1	Allgemeines.....	64
7.5.2	Lasten in Silos zur Lagerung von fluidisiertem Schüttgut.....	64
7.6	Temperaturunterschiede zwischen Schüttgut und Silokonstruktion	65
7.6.1	Allgemeines.....	65
7.6.2	Lasten infolge einer Abnahme der atmosphärischen Umgebungstemperaturen.....	66
7.6.3	Lasten infolge heiß eingefüllter Schüttgüter	67
7.7	Lasten in rechteckigen Silos	67
7.7.1	Rechtecksilos.....	67
7.7.2	Silos mit inneren Zuggliedern	68
8	Lasten auf Silotrichter und Siloböden.....	68
8.1	Allgemeines.....	68
8.1.1	Physikalische Kennwerte.....	68
8.1.2	Allgemeine Regelungen	70
8.2	Waagerechte Siloböden	72
8.2.1	Vertikallasten auf waagerechte Siloböden in schlanken Silos	72
8.2.2	Vertikallasten auf ebene Siloböden in niedrigen Silos und Silos mit mittlerer Schlankheit.....	72
8.3	Steiler Trichter.....	73
8.3.1	Mobilisierte Reibung	73
8.3.2	Fülllasten	74
8.3.3	Entleerungslasten.....	74
8.4	Flacher Trichter.....	75
8.4.1	Mobilisierte Reibung	75
8.4.2	Fülllasten	76
8.4.3	Entleerungslasten.....	76
8.5	Trichterlasten in Silos mit Luftenblasevorrichtungen	76
9	Lasten auf Flüssigkeitsbehälter	77
9.1	Allgemeines.....	77
9.2	Lasten infolge gelagerter Flüssigkeiten	77
9.3	Kennwerte der Flüssigkeiten.....	77
9.4	Soglasten infolge von unzureichender Belüftung.....	77
Anhang A (informativ) Grundlagen der Tragwerksplanung – Regeln in Ergänzung zu DIN 1055-100 für Silos und Flüssigkeitsbehälter		78
A.1	Allgemeines.....	78
A.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	78
A.2.1	Teilsicherheitsbeiwerte γ	78
A.2.2	Kombinationsbeiwerte ψ	78
A.3	Einwirkungskombinationen.....	78
A.4	Bemessungssituation und Einwirkungskombinationen für die Anforderungsklassen 2 und 3	79
A.5	Einwirkungskombinationen für die Anforderungsklasse 1.....	80
Anhang B (normativ) Einwirkungen, Teilsicherheitsfaktoren und Kombinationsbeiwerte der Einwirkungen auf Flüssigkeitsbehälter		81
B.1	Allgemeines.....	81
B.2	Einwirkungen	81
B.2.1	Lasten aus gelagerten Flüssigkeiten.....	81
B.2.2	Lasten aus Innendrücken	81
B.2.3	Lasten aus Temperatur(-änderung)	81

B.2.4	Eigenlasten	81
B.2.5	Lasten aus Dämmung	81
B.2.6	Verteilte Nutzlasten	82
B.2.7	Konzentrierte Nutzlasten	82
B.2.8	Schnee	82
B.2.9	Wind	82
B.2.10	Unterdruck durch unzureichende Belüftung	83
B.2.11	Seismische Lasten	83
B.2.12	Lasten aus Verbindungsbauten	84
B.2.13	Lasten aus ungleichförmigen Setzungen	84
B.2.14	Katastrophenlasten	84
B.3	Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen	84
B.4	Kombinationen von Einwirkungen	84
Anhang C (normativ) Messung von Schüttgutkennwerten für die Ermittlung von Silolasten		85
C.1	Allgemeines	85
C.2	Anwendung	85
C.3	Symbole	85
C.4	Begriffe	86
C.5	Probennahme und Probenvorbereitung	86
C.6	Bestimmung der Schüttgutwichte γ	87
C.6.1	Kurzbeschreibung	87
C.6.2	Prüfapparatur	87
C.6.3	Verfahren/Vorgehen	88
C.7	Wandreibung	88
C.7.1	Allgemeines	88
C.7.2	Wandreibungskoeffizient μ_m zur Ermittlung der Lasten	89
C.7.3	Wandreibungswinkel ϕ_{wh} für Untersuchungen zum Fließverhalten	90
C.8	Horizontallastverhältnis K	91
C.8.1	Direkte Messung	91
C.8.2	Indirekte Messung	92
C.9	Festigkeitsparameter: Kohäsion c und Winkel der inneren Reibung ϕ_i	92
C.9.1	Direkte Messung	92
C.9.2	Indirekte Messung	94
C.10	Effektiver Elastizitätsmodul E_S	95
C.10.1	Direkte Messung	95
C.10.2	Indirekte Abschätzung	98
C.11	Bestimmung der oberen und unteren charakteristischen Werte von Schüttgutparametern und Ermittlung des Umrechnungsfaktors a	99
C.11.1	Versuchsprinzip	99
C.11.2	Methoden zur Abschätzung	99
Anhang D (normativ) Abschätzung der Schüttgutkennwerte für die Ermittlung der Silolasten		102
D.1	Ziel	102
D.2	Abschätzung des Wandreibungskoeffizienten für eine gewellte Wand	102
D.3	Innere Reibung und Wandreibung eines grobkörnigen Schüttgutes ohne Feinanteile	103
Anhang E (normativ) Angabe von Schüttgutkennwerten		104
Anhang F (normativ) Bestimmung der Fließprofile, Massen- und Kernfluss		105
Anhang G (normativ) Seismische Einwirkungen		106
G.1	Allgemeines	106
G.2	Symbole	106
G.3	Bemessungssituation	106
G.4	Seismische Einwirkungen	107
G.4.1	Silounterbau und Gründungen	107
G.4.2	Silowände	107
Anhang H (normativ) Alternative Regeln zur Ermittlung von Trichterlasten		109
H.1	Allgemeines	109
H.2	Begriffe	109
H.3	Symbole	109

H.4	Bemessungssituation	109
H.5	Lasten auf die Trichterwände	110
H.6	Bestimmung der Anschlusskräfte am Trichterübergang	111
H.7	Alternative Gleichungen für den Trichterlastbeiwert F_e für den Lastfall Entleeren	111
Anhang I (normativ) Einwirkungen infolge von Staubexplosionen		113
I.1	Allgemeines	113
I.2	Anwendung	113
I.3	Zusätzliche Normen, Richtlinien und Bestimmungen	113
I.4	Explosionsfähige Stäube und ihre Kennwerte	113
I.5	Zündquellen.....	114
I.6	Schutzmaßnahmen	114
I.7	Bemessung der Bauteile.....	115
I.8	Bemessung für Explosionsüberdruck.....	115
I.9	Bemessung für Unterdruck	115
I.10	Sicherung der Abschlusselemente der Entlastungsöffnungen.....	115
I.11	Rückstoßkräfte durch Druckentlastung	115

Bilder

Bild 1	— Darstellung von Silozellen mit Benennung der geometrischen Kenngrößen und Lasten	9
Bild 2	— Grundlegende Fließprofile.....	27
Bild 3	— Fließprofile mit Schlotfluss	28
Bild 4	— Fließprofile mit gemischtem Schüttgutfließen	29
Bild 5	— Auswirkung der Schlankheit (Verhältnis Höhe zu Durchmesser) auf das gemischte Schüttgutfließen und den Schlotfluss.....	29
Bild 6	— Spezielle Füll- und Entleerungsanordnungen.....	30
Bild 7	— Bedingungen, unter denen Drücke infolge Massenfluss auftreten	33
Bild 8	— Symmetrische Fülllasten im Bereich der vertikalen Silowände	42
Bild 9	— Längs- und Querschnitt mit Darstellung der Lastbilder der Teilflächenlasten	43
Bild 10	— Längs- und Querschnitt mit Darstellung der Lastbilder der Teilflächenlasten für nicht kreisförmige Silos.....	44
Bild 11	— Längs- und Querschnitt mit Darstellung der Lastbilder der Teilflächenlasten bei Entleerung	49
Bild 12	— Fließkanal und Druckverteilung bei der Entleerung mit großen Exzentrizitäten.....	54
Bild 13	— Lasten in einem niedrigen Silo oder Silo mit mittlerer Schlankheit nach dem Füllen (Fülllasten).....	58
Bild 14	— Fülldrücke bei exzentrisch gefüllten niedrigen Silos oder Silos mit mittlerer Schlankheit ...	61
Bild 15	— Fülldrücke in einem Stützwandsilo	64
Bild 16	— Grenze zwischen steilem und flachem Trichter	69
Bild 17	— Verteilung der Fülldrücke in einem steilen und flachen Trichter	70
Bild 18	— Bodenlasten in niedrigen Silos und in Silos mit mittlerer Schlankheit.....	73

Bild 19 — Entleerungsdrücke in einem steilen und einem flach geneigten Trichter	75
Bild B.1 — Druckkoeffizienten für Windlasten bei kreisförmigen zylindrischen Flüssigkeitsbehältern	83
Bild C.1 — Vorrichtung zur Bestimmung von γ	88
Bild C.2 — Prüfverfahren zur Bestimmung des Wandreibungskoeffizienten	90
Bild C.3 — Prüfverfahren zur Bestimmung von K_o	91
Bild C.4 — Prüfverfahren zur Bestimmung der Winkel der inneren Reibung ϕ_i und ϕ_c und der Kohäsion c basierend auf der beim Vorverdichten aufgetragenen Spannung σ_r	93
Bild C.5 — Prüfverfahren zur Bestimmung der Elastizitätsmoduli bei Be- und Entlastung.....	97
Bild D.1 — Abmessungen der Profilierung der Wandoberfläche.....	103
Bild F.1 — Abgrenzung von Massen- und Kernflussbedingungen bei konischen und keilförmigen Trichtern.....	105
Bild G.1 — Mögliche Umlagerungen an der Schüttgutoberfläche infolge seismischer Einwirkungen.	106
Bild G.2 — Seismische Einwirkungen für den Unterbau (z. B. Stützen).....	107
Bild G.3 — Querschnitt durch den vertikalen Siloschaft mit Angaben zu den zusätzlichen Horizontallasten infolge seismischer Einwirkungen.....	108
Bild H.1 — Alternative Regeln für die Trichterlasten.....	111
Tabellen	
Tabelle 1 — Klassifikation von Bemessungssituationen.....	23
Tabelle 2 — Maßgebliche Kennwerte für die unterschiedlichen Lastansätze	25
Tabelle 3 — Kategorien der Wandoberflächen.....	35
Tabelle A.1 – Kombinationsbeiwerte ψ	80
Tabelle C.1 — Versuchsparameter	94
Tabelle C.2 — Typische Werte der Variationskoeffizienten für die Schüttgutkennwerte	101
Tabelle E.1 — Schüttgutkennwerte ^a	104